

Claudia Augste

Techniktraining und konditionelle Belastungen

Eine Untersuchung zum Wurftraining
mit Jugendlichen im Basketball

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
2	Stand der Forschung	11
2.1	Physiologische Veränderungen durch Belastung	11
2.1.1	Muskulärer Energiestoffwechsel.....	12
2.1.2	Erregungs-Kontraktions-Kopplung.....	13
2.1.3	Neuromuskuläre Übertragung	14
2.1.4	Innervationsverhalten.....	15
2.1.5	Zentralnervöse Steuerung.....	17
2.1.6	Feedback-Mechanismen und Reflexaktivität.....	20
2.1.7	Zusammenfassung.....	22
2.2	Techniktraining.....	23
2.2.1	Begrifflichkeiten	24
2.2.2	Inhalte und Ziele des Techniktrainings	28
2.2.3	Methodische Grundlagen des Techniktrainings.....	30
2.2.3.1	Motorische Lerntheorien	30
2.2.3.2	Forschungsstand zu Methoden im Techniktraining.....	34
2.2.3.3	Übungsgestaltung	35
2.2.3.4	Informationsgestaltung	41
2.3	Techniktraining und konditionelle Belastungen.....	43
2.3.1	Traditionelle Aussagen der Trainingslehre	44
2.3.2	Neuere Befunde zum Einfluss von Belastungen im Techniktraining	47
2.3.2.1	Untersuchungen zum Einfluss von Belastungen auf die Ausführungsleistung.....	47
2.3.2.2	Untersuchungen zum Einfluss von Belastungen auf die Lernleistung	51
2.4	Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands zum Techniktraining unter konditionellen Belastungen	57
2.4.1	Einflussfaktoren auf die Leistungsveränderungen unter Belastung	57

2.4.2 Aktuelle Empfehlungen zur Belastungsgestaltung im Techniktraining	61
3 Forschungsdefizit und -hypothesen.....	64
4 Methodik.....	67
4.1 Konzeptionelle Überlegungen zum Untersuchungsdesign.....	67
4.1.1 Forschungsmethodologischer Ansatz.....	67
4.1.2 Stichprobenstrategie	68
4.1.3 Motorische Lernaufgabe	69
4.1.4 Treatment	70
4.1.4.1 Belastungsform.....	70
4.1.4.1.1 Aufbau des Zirkeltrainings	71
4.1.4.1.2 Effekte des Zirkeltrainings	72
4.1.4.2 Techniktraining.....	74
4.1.4.2.1 Übungsgestaltung	75
4.1.4.2.2 Informationsgestaltung	78
4.1.5 Abhängige Variablen	79
4.1.5.1 Forschungsstand Wurftests im Basketball.....	80
4.1.5.2 Entwicklung eines Zielwurftests	82
4.1.5.2.1 Aufbau des Zielwurftests.....	82
4.1.5.2.2 Gütekriterien des Zielwurftests	86
4.1.5.3 Messung der abhängigen Variablen	88
4.1.6 Lernstadium.....	88
4.1.7 Messzeitpunkte.....	89
4.1.8 Testtheoretische Überlegungen.....	90
4.1.9 Zusammenfassung des Untersuchungsdesigns.....	91
4.2 Umsetzung des Untersuchungsdesigns.....	91
4.2.1 Stichprobe der Untersuchung.....	91
4.2.1.1 Rekrutierung der Stichprobe.....	91
4.2.1.2 Trainings- und Testteilnahme	92
4.2.1.3 Dropout-Analyse.....	94
4.2.1.4 Überprüfung auf Testverfälschungen	95
4.2.1.5 Gruppeneinteilung	97

4.2.2 Durchführung	99
4.2.2.1 Ablauf der gesamten Untersuchung	100
4.2.2.2 Ablauf einer Untersuchungswelle	102
4.2.2.3 Durchführungsprobleme	105
4.3 Datenverarbeitung	107
5 Ergebnisse.....	110
5.1 Allgemeine Ergebnisse.....	111
5.1.1 Pretest	111
5.1.2 Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen	113
5.1.3 Einflussfaktoren	117
5.1.3.1 Trainingsteilnahme	117
5.1.3.2 Alter	118
5.1.3.3 Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen	119
5.1.3.4 Unterschiede zwischen den Mannschaften.....	121
5.1.4 Lernverläufe	122
5.2 Multivariate Testung	123
5.3 Ergebnisse der Hypothesentests	126
5.3.1 Hookshot unbelastet	126
5.3.1.1 Einfluss der Belastung	126
5.3.1.2 Einfluss des Lernstadiums	128
5.3.1.3 Zusammenfassung	131
5.3.2 Belastungstransfer	131
5.3.2.1 Einfluss der Belastung	132
5.3.2.2 Einfluss des Lernstadiums	135
5.3.2.3 Zusammenfassung	136
5.3.3 Aufgabentransfer.....	137
5.3.4 Retention	140
5.3.4.1 Einfluss der Belastung	141
5.3.4.2 Einfluss des Lernstadiums	144
5.3.4.3 Zusammenfassung	148
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	149
5.5 Fazit	151

6	Zusammenfassung und Diskussion	152
7	Trainingspraktische Konsequenzen.....	158
8	Ausblick	160
	Literatur	161
	Anhang	172
	Abbildungsverzeichnis	172
	Tabellenverzeichnis	175

1 Einleitung

Die Frage, ob Techniktraining unter konditioneller Belastung durchgeführt werden soll, beschäftigt sowohl Sportwissenschaftler als auch in der Praxis tätige Trainer seit geraumer Zeit. Einerseits geht es schlichtweg um die positiven und negativen Effekte dieser konditioneller Belastungsbedingungen auf das motorische Lernen. Andererseits gibt es viele Sportarten, in denen technische und konditionelle Anforderungen gleichermaßen bestehen. Vor allem in den Zweikampf- und Sportsportarten muss die Technik nicht nur unter Ruhebedingungen ausgeführt werden, sondern in wechselnden Belastungssituationen mit unterschiedlichsten Intensitäten. Auch in Kraft-Schnellkraftsportarten können mit fortschreitender Wettkampfdauer ganz andere Belastungen bestehen als zu Beginn, eine saubere Technikausführung ist aber auch dann noch sehr wichtig. Während in diesen Sportartengruppen die sportliche Technik nur Mittel zum Zweck ist (Letzelter, 1994), ist sie in den technisch-kompositorischen Sportarten teilweise sogar das dominante Beurteilungskriterium. Selbst dort sind die Sportler z. B. beim Turnen oder Eiskunstlaufen am Ende der Kür anderen Beanspruchungssituationen ausgesetzt als zu Beginn.

Nun ist es natürlich das Ziel jedes Trainers, seine Sportler im Training optimal auf die Wettkämpfe vorzubereiten. Somit ergibt sich für den Trainer die Fragestellung, wie er eine Umgebung schaffen kann, in der sowohl der Fertigkeitserwerb als auch die Transferleistung auf die unterschiedlichen Beanspruchungssituationen in sportlichen Wettkämpfen maximiert werden können. Um den Wettkampfanforderungen gerecht zu werden, muss der Sportler also sowohl Technik- als auch Konditionstraining durchführen. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie diese beiden Trainingsziele in der Trainingsplanung berücksichtigt werden können. Neben blockweisen Varianten innerhalb von Makro- und Mikrozyklen kann es oft nötig sein, beide Inhalte innerhalb einer Trainingseinheit unterzubringen. Dies kann in einer seriellen Variante geschehen, wobei sich die Frage der zu präferierenden Reihenfolge stellt: Soll zuerst das Technik- oder das Konditionstraining durchgeführt werden? Ebenso ist eine Kombination beider Inhalte denkbar, wenn im Techniktraining konditionelle Belastungen oder wenn im Konditionstraining technische Übungen integriert werden.

Lange Zeit wurde in der Trainingslehre relativ undifferenziert darauf gesetzt, das Techniktraining nur unter Ruhebedingungen auszuführen, so dass eine korrekte Bewegungsausführung gewährleistet ist (z. B. Grosser & Neumaier, 1982; Lehnertz, 1991; Letzelter, 1994; Weineck, 1997). Diese pauschale Lehrmeinung wurde in den letzten Jahren bezüglich einiger Aspekte ausdifferenziert: Konditionelle Belastungen sollten demnach nur im Stadium des Neulernens vermieden werden (Hohmann, Lames & Letzelter, 2002). Für das Stadium der Vervollkommnung und Stabilisierung wurde ein Techniktraining gefordert, das unter dem Aspekt der Variabilität bei verschiedenen Belastungsbedingungen bzw. unter dem Aspekt der Spezifität bei wettkampfnahen Belastungsbedingungen durchgeführt werden sollte (Schnabel, 1998). Selbst für das Neulernen einer Bewegung wird inzwischen ein nachteiliger Einfluss konditioneller Belastungen angezweifelt (Neumaier, 1999).

Beharrt man auf der Aussage „Techniktraining vor Konditionstraining“, kann der Trainingsablauf in dieser Hinsicht nicht variiert werden. Das Training läuft immer nach dem gleichen Schema ab. Außerdem wird die Technik auf diese Art und Weise nicht unter den Bedingungen trainiert, die häufig im Wettkampf auf den Sportler zukommen. Soll die Wettkampfleistung jedoch stabil sein, ist es unbedingt erforderlich, dass die determinierenden Leistungsfaktoren Kondition und sportliche Technik in ihrem unmittelbaren Zusammenhang trainiert werden (Saß, 1995). Auch aus zeitökonomischen Gesichtspunkten wäre ein konditionell belastendes Techniktraining einem zeitaufwändigerem isolierten Training beider Inhalte vorzuziehen. Die Forderung nach einem zeitökonomischen Training ergibt sich sowohl im Spitzensport als auch im Amateursport und Schulsport, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen. Im Freizeit-, Jugend- und Schulbereich müssen bei oftmals nur ein bis zwei wöchentlichen Übungsstunden möglichst viele Inhalte in eine Trainingseinheit gepackt werden, um ein möglichst breites Spektrum der verschiedenen Leistungskomponenten abzudecken (Gerisch, 1983). Im obersten sportlichen Leistungsbereich dagegen ist die Leistungsoptimierung über Konditionstraining und Trainingsquantität bereits ausgereizt, so dass hier ein qualitativ hochwertiges Techniktraining, bzw. ein hochspezifisches Training gefragt ist, das sich an den räumlich-zeitlich-energetischen Merkmalen der Wettkampfübung orientiert (Daug, Mechling, Blischke & Olivier, 1991a; Tschiene, 1989, 1993).

Durch diese Einführung sollte verdeutlicht werden, dass aktuell kontroverse Aussagen in der Trainingslehre und Trainingswissenschaft zur Belastungsgestaltung im Techniktraining vorliegen (s. a. Neumaier, 1997). Diese Meinungsunterschiede finden sich genau so im Trainingsalltag wieder. Die Fragestellung ist durch die vielen praktischen Anwendungsgebiete im Schulsport, Amateur- und Leistungssport von breitem Interesse, deshalb wurde sie einer wissenschaftlichen Untersuchung zugeführt.

Ziel der Untersuchung war es nicht, im Sinne der Grundlagenforschung physiologische Effekte durch Konditionstraining nachzuweisen, eine neue motorische Kontrolltheorie oder eine motorische Lerntheorie zu entwickeln. Vielmehr war hier als Forschungstyp die Anwendungsforschung (Hohmann et al., 2002) gefragt. Aufgrund der hohen praktischen Bedeutung stand die Feldorientierung im Vordergrund. Durch ein sportartspezifisches Experiment in einer realen Trainingsumgebung sollte ein Erkenntnisgewinn über kurz- und mittelfristige Effekte durch Techniktrainingsmethoden, die unterschiedliche konditionelle Belastungen beinhalten, erzielt werden. Damit wurde angestrebt, laborexperimentelle Befunde in einer sportlichen Alltagssituation zu überprüfen, Aussagen der Trainingslehre wissenschaftlich zu fundieren und technologische Regeln für die Praxis abzuleiten, um Trainern, Übungsleitern und Lehrern Handlungsanweisungen für ihr tägliches Tun mit auf den Weg geben zu können (vgl. Lames, 1999).

In der Arbeit wird der Forschungsstand zu den für den Forschungszusammenhang wichtigen Themenfeldern zusammengetragen. Dazu werden zunächst die Reaktionen des Organismus auf körperliche Belastungen aus physiologischer Perspektive dargestellt, da diese die Ausgangsbedingungen für die Bewegungsausführung im Techniktraining verkörpern. Aus trainingswissenschaftlicher Perspektive wird anschließend dargestellt, wie motorisches Lernen in den Methoden des Techniktrainings umgesetzt wird und welche weiteren Aspekte im Techniktraining berücksichtigt werden müssen. Integriert werden diese beiden Haupt-Themenfelder in der Zusammenstellung des aktuellen Forschungsstands zu der Fragestellung, wie sich die motorische Leistung durch konditionelle Belastungen verändert bzw. wie sich konditionelle Belastungen auf das Techniktraining auswirken. Aus dem hier zu Tage tretenden Forschungsdefizit werden Forschungshypothesen abgeleitet, die in der vorliegenden Untersuchung überprüft wurden.

Diese Untersuchung wird im Anschluss vorgestellt. Recht detailliert wird dabei auf die Methodik eingegangen, die hier zur Anwendung kam. Neben der Beschreibung des Un-

tersuchungsdesigns werden die im Vorfeld benötigten Voruntersuchungen aufgezeigt. Besondere Aufmerksamkeit wird zudem der *Durchführung* des Experiments gewidmet, da es sich um eine Felduntersuchung handelte, bei der die Bedingungen schwer kontrollierbar waren. Danach folgt die ausführliche Präsentation der Untersuchungsergebnisse. Der Ergebnisteil gliedert sich in einen Teil mit allgemeinen Ergebnissen der Untersuchung und einen Teil mit den durchgeführten Hypothesentests, die in unmittelbarem Zusammenhang mit den Forschungsfragen stehen. Zum Abschluss erhält der Leser einen zusammenfassenden Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der Studie und die trainingspraktischen Schlüsse, die daraus zu ziehen sind.

2 Stand der Forschung

In diesem nun folgenden Teil der Arbeit wird der aktuelle Forschungsstand zu den für das Techniktraining unter konditionellen Belastungen relevanten Wissenschaftsdisziplinen dargelegt. Zunächst werden aus sportphysiologischer Sicht die Veränderungen beschrieben, die sich aus Belastungen ergeben können. Dieser Abschnitt dient dazu, anhand neuerer wissenschaftlicher Befunde die physiologischen Abläufe des Körpers bei der Bewegungssteuerung unter Belastung aufzuzeigen. Die für die Forschungsfrage größte Bedeutsamkeit stellt der trainingswissenschaftliche Abschnitt über das Techniktraining dar, weshalb ihm auch der meiste Platz eingeräumt wird. Zunächst wird der aktuelle wissenschaftliche Stand zum Techniktraining im Allgemeinen aufgezeigt. Zum vorliegenden Untersuchungsthema im engeren Sinne wird anschließend ein Abriss über ältere Entwicklungen in der Trainingslehre gegeben. Darauf folgt die Vorstellung jüngerer trainingswissenschaftlicher Untersuchungen zum Einfluss von konditionellen Belastungen auf das Techniktraining, die in der Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes zur Belastungsgestaltung im Techniktraining mündet.

2.1 Physiologische Veränderungen durch Belastung

Die aktuellen Befunde darüber, wie sich die Bedingungen und Vorgänge der Bewegungssteuerung ändern, wenn Belastungen auf den Sportler einwirken, werden in diesem Abschnitt dargelegt. Der Schwerpunkt liegt dabei weniger auf aeroben Belastungen, die durch das Herz-Kreislauf-System geregelt werden, als vielmehr auf intensiven Belastungen, die zu muskulärer Ermüdung führen. Die potenziellen Bereiche, in denen funktionelle Veränderungen auftreten können, werden von verschiedenen Autoren je nach Zielstellung unterschiedlich zusammengefasst. So findet man z. B. bei Bigland-Ritchie und Woods (1984) drei Hauptkategorien: das Zentrale Nervensystem (ZNS), die neuronale Übertragung vom ZNS zum Muskel und die einzelne Muskelfaser. Für Olivier (1991b) ist eine Einteilung in zentralnervöse und neuromuskuläre Vorgänge ausreichend. Es herrscht jedoch Einigkeit darüber, dass bei belastungsbedingter Ermüdung vielfältige Prozesse und Mechanismen auf verschiedenen Ebenen von höherrangigen ZNS-Strukturen über die neuromuskuläre Fortpflanzung bis zu elektrischen und bio-

chemischen Veränderungen in der Muskelfaser involviert sind (vgl. Béliveau et al., 1992; Enoka & Stuart, 1992; Windhorst & Boorman, 1995). Diese Prozesse werden im Folgenden näher erläutert. Zu berücksichtigen ist dabei immer die Abhängigkeit von Art, Intensität und Dauer der Aktivität.

2.1.1 Muskulärer Energiestoffwechsel

Der muskuläre Energiestoffwechsel wird durch konditionelle Belastungen in seiner ganzen Komplexität wesentlich beeinflusst. Seit den 60er Jahren wurde in einer Fülle von Untersuchungen zu ergründen versucht, welche Veränderungen unter muskulärer Ermüdung auftreten. Die am häufigsten untersuchte Aufgabe hierzu ist die anhaltende isometrische oft durch Elektrostimulation erzeugte Kontraktion mit erkennbarem Kraftabfall. Zu den in der Sportwissenschaft relevanteren dynamischen Kontraktionen hat Olivier (1996) eine Vielzahl von Befunden zusammengetragen. Dabei hat er die Auswirkungen auf die Energiespeicher der Muskulatur in Abhängigkeit von Methode, beanspruchter Muskulatur und Art, Intensität und Dauer der Belastung systematisiert. Im einzelnen ist festzuhalten: Änderungen sind vorzufinden beim Gehalt an Adenosintriphosphat (ATP), dem Gehalt an Kreatinphosphat (KP), mit dessen Hilfe ATP kurzzeitig resynthetisiert werden kann, beim intrazellulären pH-Wert und folglich auch bei der Energiefreisetzung durch die ATP-Hydrolyse. Entscheidend für die Höhe der Reduktion des ATP-Gehalts durch konditionelle Belastungen ist weniger die Dauer als vielmehr die Intensität der Belastung. Höhere Intensitäten bewirken einen stärkeren ATP-Abbau als geringere Belastungsintensitäten. Nach erschöpfenden Belastungen wurden Reduktionen auf unter 60% des Ausgangswertes gemessen (Karlsson, 1971). Nach Intervallbelastungen ist die Reduktion des ATP-Gehalts auf nur noch 30% (Saltin & Essen, 1971) bzw. 40% des Ausgangsniveaus (Green, 1997) am größten. Auch der Rückgang des Kreatinphosphats ist hauptsächlich von der Belastungsintensität abhängig, wenngleich hier schon mittlere und submaximale Belastungen für eine ca. 50-prozentige Reduktion sorgen. Bei Intervallbelastungen wird das Kreatinphosphat fast komplett ausgeschöpft (Green, 1997; Saltin & Essen, 1971).

Durch die anaerobe Glykolyse fällt bei hohen Belastungsintensitäten Laktat an. Die an sich noch nicht negative Laktatbildung geht mit der Bildung von Wasserstoff (H^+)-Ionen einher. Diese werden zwar zum größten Teil abgepuffert, ein kleiner Teil jedoch tritt als freie Kationen auf, die zu einer Reduzierung des pH-Wertes in der Muskelzelle (meta-

bolische Azidose) führen (Olivier, 1996). Dieser pH-Abfall, gemessen wurden Rückgangswerte von ursprünglich 7,0 auf 6,4 (Green, 1997; Sahlin, 1986), hemmt die zur Muskelkontraktion notwendigen chemischen Reaktionen und verringert die Wirksamkeit der Enzyme (Silbernagel & Despopoulos, 1991). So wird u. a. das Enzym Myosin-ATPase, das für die ATP-Spaltung gebraucht wird, reduziert (Green, 1997). Ebenso wird die Membran-Permeabilität und der mechanische Effekt der Kontraktion verringert (Hanon, Thépaut-Mathieu, Hausswirth & Le Chevalier, 1998).

Für zyklische Schnellkraftleistungen ist die hemmende Wirkung eines niedrigen pH-Wertes auf die Phosphofruktokinase, ein Schlüsselenzym der Glykolyse, bedeutsam, da somit ebenfalls die ATP-Resyntheserate verringert wird (Olivier, 1991b; Sahlin, 1986). Zu beachten ist ferner die Erkenntnis, dass diese Reduktionen zusätzlich zur Belastungsart, -dauer und -intensität auch von der Muskelfaserzusammensetzung der beanspruchten Muskulatur abhängen. So gehen konditionelle Belastungen mit starker Beanspruchung von Fast-Twitch(FT)-Fasern mit einer stärkeren Reduktion des Schnellkraftniveaus einher als bei konditionellen Belastungen mit geringer FT-Faserbeanspruchung (Olivier, 1996).

2.1.2 Erregungs-Kontraktions-Kopplung

Durch diese eben beschriebenen Vorgänge beim Energiestoffwechsel (Reduzierung der Energiespeicher, pH-Abfall in der Muskelfaser) unter intensiven konditionellen Belastungen wird die Erregungs-Kontraktions-Kopplung beeinträchtigt, d. h. der Betrag kontraktiler Aktivierung durch den Übergang eines Aktionspotenzials wird reduziert (Housh et al., 1996; Pavlat, Housh, Johnson & Eckerson, 1995; Sahlin, 1986). Dies führt zu einer verminderten Muskelkraftgenerierungskapazität, denn die produzierte Kraft ist abhängig davon, wie die motoneuronale Entladung der rekrutierten Zellen in relative Muskelfaser-Kraft („spike-frequency-to-tension (force) transduction“) umgewandelt wird (Kernell, 1995, S. 135). Unter Ermüdung werden die an den Motoneuronen ankommenden synaptischen Botschaften durch die Muskelfasern nicht mehr in gleichem Ausmaß in Kraft umgesetzt. Bei hochfrequenter Stimulation wird die Erregbarkeit der Muskelfaser und des t-Tubuli-Systems verschlechtert. Wird eine intensive Aktivität wiederholt ausgeführt, steht nicht mehr genug freie Energie zur Verfügung, um Natrium (Na^+) und Kalium (K^+) vor dem nächsten Nervenimpuls zurück zu pumpen (Green, 1997). Dann häuft sich K^+ in den extrazellulären Räumen an und das extrazellu-

läre Na^+ wird reduziert, was ein verringertes Ruhepotenzial bedeutet. Dies führt weiterhin dazu, dass pro Impuls weniger Kalzium (Ca^{++}) aus dem sarkoplasmatischen Retikulum ausgeschüttet wird (Bigland-Ritchie & Woods, 1984; Byrne, Twist & Eston, 2004). Durch die Bindung von Ca^{++} an Troponin ist aber erst die Querbrückenbildung möglich, weil das Troponin durch die Anlagerung von Ca^{++} die Verlagerung der Tropomyosinfäden verursacht. Diese Verlagerung wiederum ermöglicht, dass sich die Myosinköpfe an das Aktin anlegen können (s. Abb. 1). Ist dieser Vorgang beeinträchtigt, verschlechtert sich damit die Erregungs-Kontraktions-Kopplung (vgl. Marées, 1989; Schmidt & Thews, 1997; Strauzenberg, Gürtler, Hannemann & Tittel, 1990). Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die nach intensiven Belastungen angehäuften H^+ -Ionen die Kontaktstellen für Kalziumionen am Troponin blockieren, was sich in gleicher Weise negativ auf die Kontraktionsfähigkeit der Muskulatur auswirkt (Olivier, 1991b).

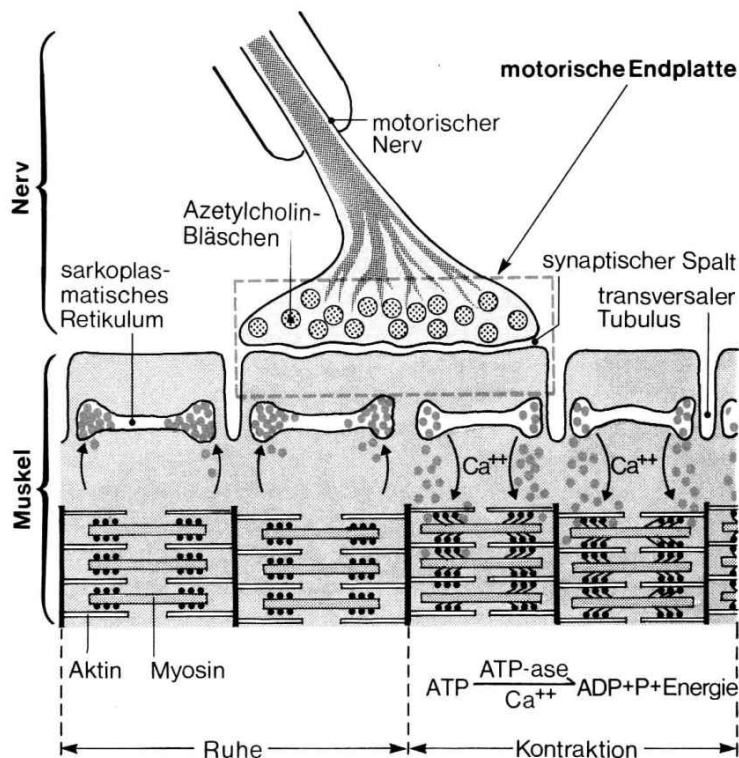


Abb. 1: Kopplung zwischen elektrochemischer Erregung und Kontraktion (elektromechanische Kopplung) (Markworth, 1993, S. 46)

2.1.3 Neuromuskuläre Übertragung

Die Veränderungen durch Belastungen in der Muskelperipherie wurden bereits aufgezeigt. Verfolgt man den Verlauf der Muskelinnervierung weiter zurück in Richtung Zentrum, so ist das nächste Glied in der Kette, an dem Veränderungen auftreten können,

die neuromuskuläre Erregungsübertragung. Wenn vom ZNS adäquate Impulse kommen, kann die vollständige elektrische Erregung aller motorischer Einheiten trotzdem nicht gewährleistet werden, wenn die Weiterleitung der resultierenden Nervenimpulse zu den kontraktile Mechanismen verschlechtert wird. Die Weiterleitung der Aktionspotenziale entlang der Axone versagt dabei kaum, jedoch zwischen Nerv und Muskel (Bigland-Ritchie & Woods, 1984). Bei hochfrequenter Stimulation von über 100 Hz wird dann nicht mehr jeder Reizimpuls in ein Aktionspotenzial umgewandelt („high-frequency-fatigue“). Fehler in der peripheren elektrischen Übertragung ergeben sich dabei entweder präsynaptisch an den Nervenendigungen, postsynaptisch durch Verringerung der Endplattenerregbarkeit oder durch den Mangel an der synaptischen Transmittersubstanz Azetylcholin (Mörke, Betz & Mergenthaler, 1989).

Die Effektivität der elektrischen Weiterleitung über den neuromuskulären Übergang und entlang der Muskeloberflächenmembran kann durch die Aufnahme des Massen-Aktionspotentials (M-wave) an der Muskeloberfläche abgeschätzt werden, das durch überlagerte einzelne Maximalschocks des Motornervs hervorgerufen wird. Wenn die neuromuskuläre Übertragung oder die Muskelmembranerregbarkeit vermindert ist, nimmt die M-wave-Amplitude ab. Es existieren keine physiologischen Mechanismen auf dem gesamten motorischen Pfad (vom ZNS bis zur Peripherie), welche die elektrische Weiterleitung während der Ermüdung limitieren. Dies kann dadurch nachgewiesen werden, dass der Kraftverlust während anhaltender maximaler Willkürkontraktionen nicht durch direkte Stimulation der Muskelfasern aufgehoben werden kann. Ebenso ist kein Rückgang der Muskelmassenaktionspotenziale bei periodischer Stimulation des Motorkortex während ermüdender maximaler Willkürkontraktionen vorzufinden. Der Kraftverlust ergibt sich also nur durch Veränderungen in der Muskelfaser (Bigland-Ritchie & Woods, 1984). Auf die nervale Erregungsübertragung ist sogar ein positiver Effekt von körperlicher Belastung gegeben, dadurch dass aufgrund des Anstiegs der Körpertemperatur die Geschwindigkeit nervaler Impulse zunimmt (Olivier, 1991b).

2.1.4 Innervationsverhalten

Änderungen im Innervationsverhalten sind sowohl denkbar durch eine unterschiedliche Höhe der einzelnen Aktionspotenziale als auch durch die Variation der Aktionspotenzialfolgefrequenz. Aufgrund des Alles-oder-Nichts-Gesetzes bei der Entstehung von Aktionspotenzialen äußert sich die Stärke einer Erregung jedoch allein in der Impulsfre-

quenz (Mörike et al., 1989). Nach ermüdenden Belastungen mit anhaltenden maximalen Kontraktionen wurde im EMG eine Absenkung der mittleren Erregungsfrequenz festgestellt (Bigland-Ritchie, Johansson, Lippold & Woods, 1983). Als mögliche Ursache hierfür wurden eine reduzierte motorische Aktivierung durch das ZNS („zentrale Ermüdung“) und ein Versagen der peripheren elektrischen Übertragung vom Nerv zum Muskel diskutiert. Mittlerweile geht man bei diesem Effekt der reduzierten Erregungsfrequenz von der so genannten Muskelweisheit („muscle wisdom“) aus, die eine ökonomische Aktivierung des ermüdenden Muskels bei gleichzeitiger Abnahme von Kraft, Relaxationsrate und Motoneuronen-Entladung durch das ZNS garantiert (Enoka & Stuart, 1992; Windhorst & Boorman, 1995). Das Prinzip ist dabei folgendes. Die Relaxationszeit des Muskels hängt davon ab, wie schnell das Zurückpumpen der Ca^{++} -Ionen in das sarkoplasmatische Retikulum erfolgt. Dieses Zurückpumpen benötigt ATP, welches unter Belastung in der Muskelzelle nicht mehr in ausreichendem Maße zur Verfügung steht (Mörike et al., 1989; Schmidt & Thews, 1997). Dadurch wird die Zuckungsdauer, die sich aus der relativ konstanten Zuckungskontraktionszeit und der Relaxationszeit zusammensetzt, verlängert und die Muskelkontraktionsgeschwindigkeit sinkt. Unter Ermüdung steigt die Relaxationszeit um bis zu 50% an (Bigland-Ritchie & Woods, 1984). Die Fusionsfrequenz, bei der sich sukzessive Zuckungen zum Tetanus aufsummieren, kann somit auch bei einer niedrigeren Stimulationsfrequenz erhalten bleiben. Nun geht man davon aus, dass Regulationsprozesse wie Reflexmechanismen im ZNS existieren, die bei Ansammlungen gewisser Stoffwechselprodukte im Muskel einen inhibitorischen Einfluss auf das ZNS ausüben (Bigland-Ritchie & Woods, 1984; Olivier, 1996). Somit geht die motoneuronale Feuerungsfrequenz im Verlauf von anhaltenden isometrischen maximalen Kontraktionen genau in dem Maße zurück, wie es für die Aufrechterhaltung der Kontraktion unter den veränderten kontraktile Bedingungen im Muskel angebracht ist. Die im EMG messbare Frequenzreduktion stellt also keinen Hinderungsgrund für die maximale Krafterzeugung der motorischen Einheiten dar.

Für nur submaximale Dauerkontraktionen ergibt sich indes ein anderes Innervationsverhalten. Hier ist ein Anstieg in der EMG-Amplitude zu verzeichnen. Diese Frequenzerhöhung ist darauf zurückzuführen, dass in der Ermüdungsphase progressiv frische motorische Einheiten rekrutiert werden, womit die Kraftreduktion aufgeschoben werden kann (Forestier & Nougier, 1998; Guével, Hogrel & Marini, 2000).

Weitere Möglichkeiten zur Verzögerung der Ermüdungseffekte und somit zur Verlängerung einer akkuraten Bewegungsausführung stehen bei dynamischen Bewegungen durch eine veränderte Muskelrekrutierung zur Verfügung (Chappell et al., 2005; Edwards, Hill, Jones & Merton, 1977). Eine Anpassung ist hier sowohl durch intra- als auch durch intermuskuläre Koordinationsvorgänge möglich (Scholle, Schumann, Anders & Biedermann, 2001). Die Änderung der Rekrutierung ist durch den Ausprägungsgrad der Ermüdung beeinflusst. Zu Beginn ist eine erhöhte neuronale Rekrutierung von motorischen Einheiten eines Muskels als Anpassungsreaktion für die Aufrechterhaltung der Leistung unter Belastung geeignet (Noakes, 2000). Bei starker Muskelermüdung jedoch müssen dann zusätzlich funktionsverwandte Muskeln rekrutiert werden (Gandevia, 1998). Diese Kompensationsstrategie eines Trade-Offs zwischen Synergisten eines Gelenks wurde auch von Bonnard, Sirin, Odsson und Thortensson (1994) nachgewiesen und als „within-joint compensating mechanism“ (ebd., S. 101) bezeichnet. Eine weitere Strategie ist ein Trade-Off zwischen den Muskeln verschiedener Gelenke („between-joints compensating mechanism“ (ebd., S. 101)). Aber auch Modifikationen in der Koordination von Agonist und Antagonist sind unter Ermüdungsbedingungen vorzufinden (Guével et al., 2000).

2.1.5 Zentralnervöse Steuerung

Fällt die motorische Innervierungsfrequenz des ZNS unter den Level, der für eine ausreichende Muskelaktivierung benötigt würde (s. o.), ist eine Kraftabnahme die Folge. Klammert man motivationale Gesichtspunkte aus, die unter intensiven Belastungen sicherlich zu Verlusten beim zentralnervösen motorischen Antrieb führen, verbleiben zur Analyse die physischen Limitierungen der Kapazität des zentralen motorischen Systems. Die Diskussionen, ob die zentrale Ermüdung für einen Kraftabfall mitverantwortlich ist, erlebte in der Vergangenheit einige Wendungen. Ging man bis Ende der 70er Jahre von der Existenz des Phänomens der zentralen Ermüdung aus, so wurden in einer Reihe von Folge-Untersuchungen keine Hinweise darauf gefunden, dass zentrale Ermüdungsprozesse für einen Kraftabfall verantwortlich sind (zus.fassend Olivier, 1996; Olivier, Augste, Keim & Klippel, 2001). So trat weder bei maximalen Kontraktionen über 45-60 Sekunden noch bei intermittierenden, submaximalen Kontraktionen bis zu 20 Minuten zentrale Ermüdung auf (Bigland-Ritchie & Woods, 1984).

Byrne et al. (2004) bezweifelten jedoch, dass eine Übertragung derartiger Untersuchungen zu isometrischen Willkürkontraktionen an isolierten Muskeln auf dynamische sportliche Aktionen, welche die Aktivierung und Koordination der kontraktile Maschinerie vieler Muskelgruppen benötigen, möglich ist. So deuten zahlreiche sehr aktuelle Studien wieder auf die Existenz von zentralen Ermüdungserscheinungen hin. Brasil-Neto et al. (1993) setzten erstmals die transkranielle Magnetstimulation (TMS) und die Erfassung der motorisch evozierten Potenziale (MEP) per Elektromyografie (EMG) zur Untersuchung von Veränderungen im motorischen System ein. Sie fanden verringerte MEP-Amplituden nach erschöpfenden Belastungen und bezeichneten dies als belastungsinduziertes Hemmungsphänomen, das vorwiegend auf zentrale motorische Ermüdung zurückzuführen ist. Eine Reihe von Untersuchungen, in denen diese Methode verwendet wurde, schlossen sich an, die in dieselbe Richtung wiesen. Für schnelle wiederholte Bewegungen, zeigten z. B. Bonato et al. (1994) mit Hilfe von TMS Veränderungen in der Motorkortex-Erregbarkeit.

In einer sportspezifischen Untersuchung fanden Höllge et al. (1997) mit der TMS-Methode keine veränderten Amplituden der motorisch evozierten Potenziale (MEP) nach aeroben Belastungen wie 600 Treppen steigen und 50 Minuten Joggen. Nach erschöpfenden anaeroben Belastungen wie Liegestützen, Hantelhalten und 400-Meter-Lauf waren die MEP-Amplituden dagegen signifikant reduziert, was auch sie auf zentrale Prozesse zurückführten. Die zentrale Ermüdung trat dabei nachweislich vor der völligen Erschöpfung auf, was ein Schutzmechanismus vor muskulärer Überbelastung sein könnte.

Der Grad der zentralen Ermüdung scheint mit dem Grad der Belastungsintensität im Verhältnis zur maximalen Belastungskapazität in Beziehung zu stehen. Dies zeigten Fulton, Strutton, McGregor und Davey (2002), die die kortikospinale Erregbarkeit von Elite-Ruderern und Nicht-Ruderern nach Belastungen geringer und hoher Intensitäten untersuchten. Der Rückgang der MEP-Amplituden, als Indikator für die zentrale Ermüdung innerhalb der kortikospinalen Pfade, war bei Elite-Ruderern nach leichter Belastung geringer ausgeprägt als bei Nicht-Ruderern. Diese Unterschiede könnten ihrer Meinung nach dadurch zustande kommen, dass der Energiebedarf der Nicht-Ruderer während der leichten Belastung näher an ihrer maximalen Kapazität lag als der der Eli-

te-Ruderer. Bei der intensiven Belastung, bei der beide Gruppen an ihrem Maximum arbeiteten, waren die MEP-Amplituden beider Gruppen gleich stark reduziert.

Auch die zeitliche Komponente der zentralnervösen Aktivierung unter Belastung fand Beachtung. Bonato et al. (1994) identifizierten 3 Nach-Belastungs-Phasen. In den ersten 5 Minuten fanden sie eine rapide MEP-Abnahme. Die maximal verringerten MEP-Amplituden hielten nach der Belastung für ca. 10 Minuten an, ehe sie sich bis etwa 35 Minuten nach der Belastung langsam erholten. Brach (1996) konnte mit Hilfe der Elektro-Enzephalographie (EEG) die zentralnervale Aktivierung direkt während des Radfahrens ermitteln. Er stellte fest, dass die spezifische Aktivierung während der Belastung mit einer Absenkung der mittleren Alphafrequenz (MAF) über den besonders involvierten motorischen und somatosensorischen Gebieten einherging. Die allgemeine Aktivierung im Zustand nach der Belastung schlug sich jedoch in einer globalen Frequenzerhöhung nieder.

Bezüglich der Reaktionszeit konnten Rietjens et al. (2005) zeigen, dass diese durch erhöhte Trainingsintensitäten signifikant steigt. Dies weist darauf hin, dass die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung des Gehirns negativ beeinflusst wird, was als Zeichen für zentrale Ermüdung angesehen wird.

Auch Gandevia (1998) fand Anzeichen dafür, dass der Output des motorischen Kortex unter Ermüdung suboptimal ist. Unter Ermüdung nahm die Willküraktivierung signifikant ab, so dass die gewünschte Kraft nicht mehr erreicht wurde. Mit „Muskelweisheit“ allein ist dies nicht mehr zu erklären. Es existieren Untersuchungen, bei denen eine Aufgabe durch willkürliche Aktivierung nicht mehr ausgeführt werden konnte, die Muskeln aber bei elektrischer Stimulation die erforderliche Kraft trotzdem produzieren konnten (Löscher, Cresswell & Thorstensson, 1996). Der unter Ermüdungsbedingungen ungenügende Antrieb aus supraspinalen Gebieten trägt zu einer verminderten und unregelmäßigeren Feuerungsrate von Motoneuronen bei. Der subjektiv wahrgenommene Anstieg der Anstrengung reflektiert das Bedürfnis, mehr Motoneuronen und Muskeln zu rekrutieren und sie stärker zu beanspruchen (Byrne et al., 2004; Gandevia, 1998).

Während sich die eben dargestellten Befunde auf die motorische Innervierung durch das ZNS bezogen, existieren noch einige weitere zentralnervöse Beanspruchungsgrößen, welche nach konditionellen Belastungen verändert sind. Die Hirndurchblutung, der Hirnstoffwechsel, die Kurzspeicherkapazität und das allgemeine zentralnervöse Aktivie-

rungsniveau (AZAN) z. B. steigen nach Belastungen an (Olivier, 1991b). Dies würde nun eher positive als negative Effekte auf die zentralnervöse Steuerung vermuten lassen. In Untersuchungen zum AZAN (Büsch, 1993, 1994; Wiemeyer, 1996; Wiemeyer & Büsch, 1992) wurde zwar ein Anstieg der Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) als Beanspruchungsparameter des AZAN festgestellt, Auswirkungen auf die Leistung bei motorischen Aufgaben konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

2.1.6 Feedback-Mechanismen und Reflexaktivität

Dass Feedback-Mechanismen zum aktuellen neuromuskulären Funktionszustand existieren, erscheint physiologisch evident (Olivier et al., 2001), die exakte Funktionsweise ist allerdings noch nicht in allen Einzelheiten nachgewiesen (Windhorst & Boorman, 1995). Man kann davon ausgehen, dass Reafferenzen des belasteten Muskels Informationen über den Grad der Muskelermüdung bereitstellen und so die Regulation der motoneuronalen Feuerungsrate erlauben (Forestier & Nougier, 1998). Während mechanische Afferenzen mit großem Durchmesser hochsensitiv für Längenänderungen der Muskelfasern sind, überwachen polymodale Afferenzen mit kleinem Durchmesser (Interneuronen wie Renshaw-Zellen, Ib-hemmende Interneuronen, Ia-Interneuronen,...) den mechanischen Zustand des Muskels und sind sensibilisiert für die Wahrnehmung von metabolischen Substanzen, die durch ermüdende Muskelfasern freigesetzt werden (Windhorst & Boorman, 1995). Die Veränderungen der Muskelfaserlänge werden dabei vornehmlich von den Muskelspindelrezeptoren und Veränderungen der Kraft in den Golgi-Sehnen-Organen erfasst. Diese von Propriozeptoren registrierten Veränderungen verursachen via afferenter Bahnen zum spinalen Motoneuronen-Pool eine reflektorische Aktivierung bzw. Hemmung. Wird die Muskelspannung zu stark erhöht, resultiert eine Hemmung der entsprechenden Alpha-Motoneuronen (Hollmann & Hettinger, 1990). Die Erregung der Ib-Afferenzen der Golgi-Sehnen-Organe, die normalerweise eine Eigenhemmung bewirken, wird mit nachlassender Kraft reduziert, so dass absteigende motorische Kommandos enthemmt werden und die Muskeleerregung gesteigert wird (Windhorst & Boorman, 1995).

Ermüdende Übungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus verursachen Veränderungen in den muskulären Aktivierungsprozessen, die hauptsächlich die EMG-Kraft-Beziehung während des exzentrischen Teils der Kontraktion beeinflussen. Dehnungsreflexe während dieses exzentrischen Teils sind nach der Ermüdung in der Amplitude erhöht, um

die mechanische Schwächung zu kompensieren. Die zeitliche Verzögerung dagegen ist unverändert gegenüber dem unbelasteten Zustand. Der auftretende pH-Abfall hat keinen reduzierenden Einfluss auf den Muskelspindelreflex. Wenn das tendomuskuläre System hohen Impact-Kräften ausgesetzt ist, sind die Reflexkomponenten reduziert, was als Schutzmechanismus des zentralnervösen Systems interpretiert werden kann (Gollhofer, Komi, Fujitsuka & Miyashita, 1987). In diesem Zusammenhang wird auch die Funktion des elastischen Muskelproteins Titin diskutiert, dessen strukturelle Integrität durch erschöpfende Übungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus gestört wird. Möglicherweise besteht eine direkte mechanische Folge dieser Störung in einer reduzierten Reaktionsfähigkeit der Ia-Afferenzen (Komi, 2000).

Nach maximalen isometrischen Kontraktionen findet man eine verkürzte motorische Reflexdauer und höhere Kraftwerte. Dies wird einerseits einer Temperaturerhöhung zugeschrieben, andererseits werden neuronale Kompensationsmechanismen bei reduzierter muskulärer Kontraktilität angenommen (s. Olivier, 1996).

2.1.7 Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass intensive konditionelle Belastungen die Muskelkontraktion auf verschiedenen Ebenen beeinflussen. Der Energiestoffwechsel in der Muskelzelle, die Erregungs-Kontraktions-Kopplung, die neuromuskuläre Übertragung und die zentralnervöse Steuerung werden beeinträchtigt. Dadurch werden Modifikationen des Innervationsverhaltens nötig, die von Frequenzänderungen bis zu veränderter Muskelrekrutierung reichen. Somit kann bis zu einem gewissen Grad ein Kraftabfall vermieden werden. Ist die Belastung wie z. B. bei intensiven Intervallbelastungen jedoch zu hoch, tritt muskuläre Ermüdung ein (modellhaft dargestellt in Abb. 2).

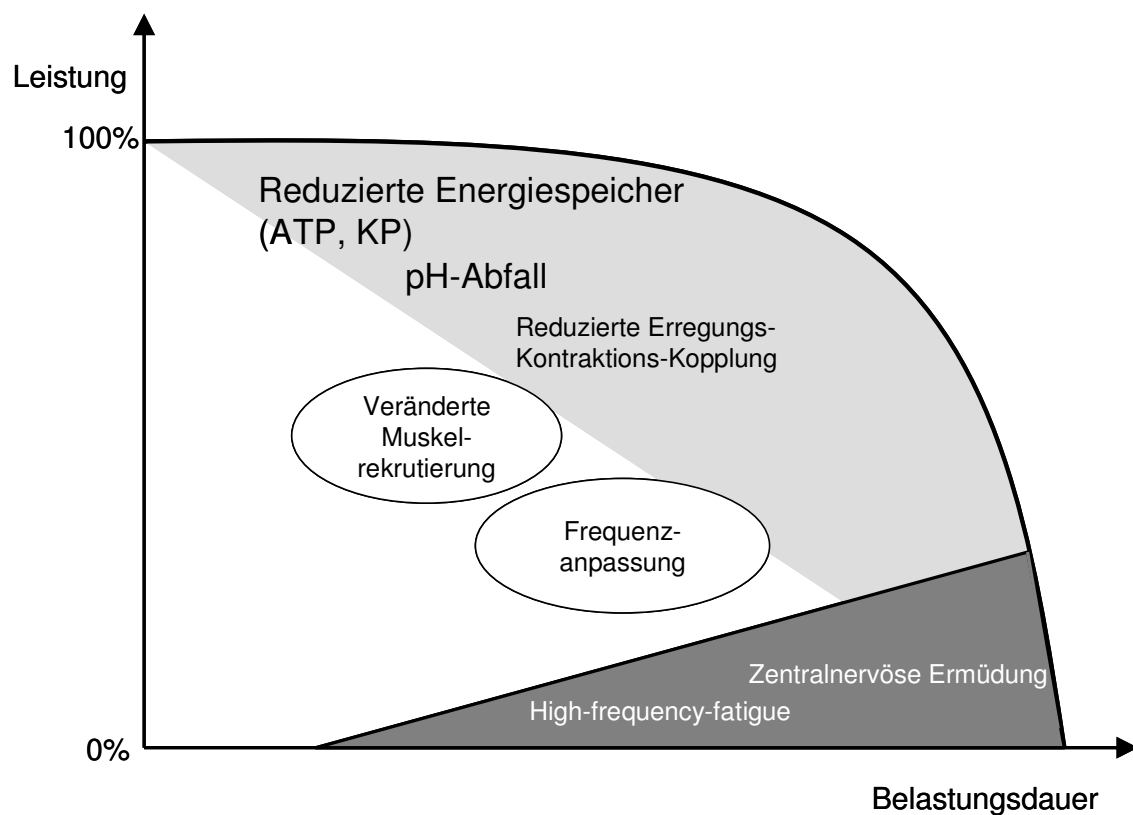


Abb. 2: Modellhafte Anordnung der Leistungsveränderung durch unter Belastung auftretende Phänomene

2.2 Techniktraining

Nachdem soeben die physiologischen Grundlagen zu Belastungswirkungen dargestellt wurden, sollen nun im Folgenden die trainingswissenschaftlichen Erkenntnisse zum Problemfeld der Vereinbarkeit von Konditions- und Techniktraining zusammengetragen werden.

Der theoretische Stand zum Techniktraining ist, wie es in der Wissenschaft üblich ist, einem ständigen Wandel ausgesetzt. Herrschten lange Zeit die so genannten „Meisterlehren“ vor, die eher auf jahrelangem Versuch und Irrtum als auf wissenschaftlicher Analyse und Erklärung basierten (Lames, Hohmann & Letzelter, 2003), so folgte eine Phase des Versuchs der theoretischen Fundierung des Techniktrainings. Noch 1997 konstatiert Neumaier allerdings, „dass es bislang keinen umfassenden, allgemein anerkannten trainingswissenschaftlichen Ansatz zum Techniktraining gibt“ (ebd., S. 173) und selbst 2003 kommen Neumaier und Krug zu dem Schluss, dass „der Entwicklungsstand zu einer ‚Theorie des Techniktrainings‘ trotz der Fortschritte in den letzten Jahren [...] noch immer als defizitär angesehen werden“ muss (ebd., S. 457). Aufgrund der großen Variationsbreite von sportlichen Techniken und ihrer Einsatzmöglichkeiten ist die Entwicklung praxistauglicher Verallgemeinerungen besonders diffizil. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass sich die theoretischen Grundlagen zum Techniktraining aus verschiedenen Basiswissenschaften zusammensetzen (Hohmann et al., 2002; Nitsch & Munzert, 1997). Häufig waren Aussagen zum Techniktraining jedoch zu einseitig an einzelnen Disziplinen, so beispielsweise an physiologischen Begründungen oder an bewegungswissenschaftlichen Theorien zur Koordination und zum motorischen Lernen, orientiert. Obwohl das Bewegungslernen für das Techniktraining natürlich eine zentrale Rolle einnimmt, müssen doch auch biomechanische, biologisch-physiologische und handlungstheoretische Erkenntnisse integriert und auf komplexe, praxisorientierte Fragestellungen bezogen werden (Neumaier, 1997). Ein von Nitsch und Munzert (1997) entwickeltes integratives Schema zur Bewegungsorganisation, leistet hier einen wertvollen Beitrag, wenn es um die Einordnung wissenschaftlicher Befunde zum Techniktraining geht. Nichtsdestotrotz, und hier schließt sich der Kreis, empfehlen Hohmann et al. (2002) als praxisrelevantes Vorgehen, neben der Beachtung theoretischer Befunde auch heuristische Erkenntnisse in die Gestaltung von Techniktraining einzubeziehen.

Im Folgenden wird nun ein Überblick über die zur Zeit diskutierten Aspekte des Techniktrainings gegeben.

2.2.1 Begrifflichkeiten

Setzt man sich mit dem Techniktraining auseinander, so ist es nötig, zunächst einige damit in Zusammenhang stehende Grundbegriffe inhaltlich zu erörtern.

Sportliche Technik

Zur „sportlichen Technik“ findet man in der aktuellen deutschen trainingswissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl von Definitionen, die zwar weitgehenden Konsens vermitteln, im Detail jedoch variieren. Beispielsweise versteht Weineck (1997, S. 563) unter sportlicher Technik „das meist in der Praxis entwickelte Verfahren, eine bestimmte Bewegungsaufgabe auf möglichst zweckmäßige und ökonomische Weise zu lösen.“ Eine sehr ähnliche Beschreibung wählen Martin, Carl und Lehnertz (1991, S. 45), die die sportliche Technik als „eine erprobte, zweckmäßige und effektive Bewegungsfolge zur Lösung einer definierten Aufgabe in Sportsituationen“ ansehen. Hohmann et al. (2002, S. 102) benutzen exakt die gleiche Definition, allerdings für den Begriff der „technischen Fertigkeit“. Die sportliche Technik dagegen betrachten sie als „Komponente der sportlichen Leistungsvoraussetzungen“, die wiederum aus einer „Reihe technischer Fertigkeiten eines Sportlers oder einer Sportart“ als Teilkomponenten zusammengesetzt ist (ebd., S. 102f).

Dabei sollte des weiteren beachtet werden, dass die Technik aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden kann. Je nach Zielstellung ist eine Technik ergebnis- oder verlaufsorientiert zu interpretieren (Abernethy, Wann & Parks, 1998; Neumaier, 1997). Geht es beispielsweise um Zeitminimierung, Distanzmaximierung oder Treffermaximierung interessiert nicht der optimale Bewegungsprozess, sondern das Bewegungsprodukt. Letzelter (1994) wiederum differenziert zwischen einem inneren Aspekt, der sich dem motorischen Lernprozess von Bewegungsfertigkeiten zuwendet, und einem äußeren, eher biomechanischen Aspekt, bei dem der Schwerpunkt auf einem idealtypischen Modell besteht. Von einem derartigen motorischen Idealtyp grenzt Weineck (1997) den persönlichen Stil ab, bei dem dieser Idealtyp unter Einhaltung der charakteristischen Bewegungsmerkmale den individuellen Gegebenheiten entsprechend modifiziert werden kann. Diese differenzierte Betrachtung von Idealmodellen gegenüber Bewegungs-

techniken, die durch Individuen realisiert werden, führt zu zwei weiteren in der Trainingswissenschaft verwendeten Begriffen: dem Technikleitbild und der Zieltechnik.

Technikleitbild

Das Technikleitbild stellt ein am momentanen Wissensstand orientiertes, optimales, personunabhängiges Lösungsverfahren einer sportlichen Bewegungsaufgabe dar (Hohmann et al., 2002; Martin et al., 1991; Nitsch & Neumaier, 1997; Thorhauer & Kempe, 1993). Bei der Entstehung dieser häufig auch synonym als Idealtechnik, Technikmodell oder Solltechnik bezeichneten sporttechnischen Leitbilder gibt es bislang keine zufrieden stellende Methode. Deshalb sind bei der Leitbildentwicklung verschiedenste Quellen vorzufinden. So wird beispielsweise zurückgegriffen auf Vorbilder von Spitzenathleten, auf praktische Erfahrungen von Trainern, auf empirische biomechanische Befunde und auf Ergebnisse von mathematischer Modellierung oder Computersimulation, letzteres allerdings unter der Prämisse der praktischen Realisierbarkeit.

Zieltechnik

Dieses übergeordnete Leitbild erfährt für die Anwendung in einer Trainingssituation eine zielgruppenspezifische oder individualtypische Anpassung (Thorhauer & Kempe, 1993). Diese individualisierte Technikvorgabe wird als „Zieltechnik“ bezeichnet (Hohmann et al., 2002; Martin et al., 1991; Neumaier, 1997; Rieder, 1983; Thorhauer & Kempe, 1993). Somit trägt die Zieltechnik den konstitutionellen Merkmalen von Athleten Rechnung (Rieder, 1983). Andererseits kann entsprechend dem Leistungsniveau ein Toleranzbereich definiert werden, in dem Abweichungen und Schwankungen in den Techniksollwerten akzeptiert werden (Thorhauer & Kempe, 1993). Dieser Toleranzbereich ist bei Fortgeschrittenen zwar grundsätzlich kleiner als auf Anfängerniveau, im Spitzenbereich hingegen werden je nach persönlichem „Stil“ wieder größere Schwankungen toleriert (Neumaier, 1997; Rieder, 1983).

Techniktraining

Diese eben beschriebene Zieltechnik gilt es nun im Techniktraining zu entwickeln. Die Begriffsbestimmungen zum Techniktraining sind häufig relativ weit gefasst und enthalten u. a. Komponenten, Ziele, Inhalte, Methoden, Randbedingungen usw. Martin et al. (1991, S. 46) sehen bei ihrer Definition den Schwerpunkt auf dem Erlernen von Techniken:

„Techniktraining bezeichnet die Gesamtheit derjenigen Maßnahmen und Verfahren, die dazu dienen die Techniken mit ihren sportmotorischen Fertigkeiten, deren Anwendung sowie technischen Einsatz systematisch zu erlernen und in sportartspezifischen Situationen optimale Erfahrungen zu sammeln.“

Nitsch und Neumaier (1997, S. 42) dagegen bevorzugen den Optimierungsaspekt:

„Unter Techniktraining wird die systematische, anforderungsspezifische Optimierung der Bewegungskoordination unter Berücksichtigung der konkreten Person-, Aufgaben- und Umweltmerkmale verstanden.“

Noch weiter geht Neumaier (1997, S. 175f), der die gesamte Entwicklung der sportlichen Technik einbezieht und mit seiner Ausführung die Bedeutung eines integrativen Ansatzes des Techniktrainings untermauert:

„Techniktraining umfasst demnach alle Prozesse innerhalb der Entwicklung der sportlichen Technik mit dem Ziel ihrer erfolgreichen Anwendung in der komplexen Wettkampfsituation. Es reicht von der Bestimmung des angemessenen, auf den Athleten bezogenen Trainingsziels einschließlich der Auswahl entsprechender methodischer Vorgehensweisen bis hin zur Abstimmung bzw. Verbindung des Trainings der sportlichen Technik mit dem Konditions- und Taktiktraining sowie zur Platzierung des Techniktrainings innerhalb des Mikro- und Makrozyklus. Es schließt Fragen zum motorischen Lernen ebenso ein wie Probleme der physischen und psychischen Belastung des Erwerbens und Anwendens sowie deren wechselseitige Zusammenhänge.“

In Abbildung 3 sind die wesentlichen Komponenten des Techniktrainings nochmals zusammengestellt. Zunächst wird ein Technikleitbild benötigt, das unter Beachtung der individuellen konstitutionellen, konditionellen und koordinativen Voraussetzungen der Trainierenden in eine Zieltechnik überführt wird. Daran schließt sich die inhaltliche, methodische und zeitliche Planung des Techniktrainings an. Je nach Zielen und Inhalten werden die adäquaten Arten und Formen des Techniktrainings angewendet. Durch das Training werden einerseits die individuellen Voraussetzungen der Trainierenden verändert, was eine Anpassung der Zieltechnik erforderlich machen kann. Andererseits werden die Athleten auf Wettkämpfe vorbereitet. Aus der Analyse der bei Lernkontrollen oder im Wettkampf gezeigten Leistungen können sich für alle Teilkomponenten des Techniktrainings Modifikationen ergeben.

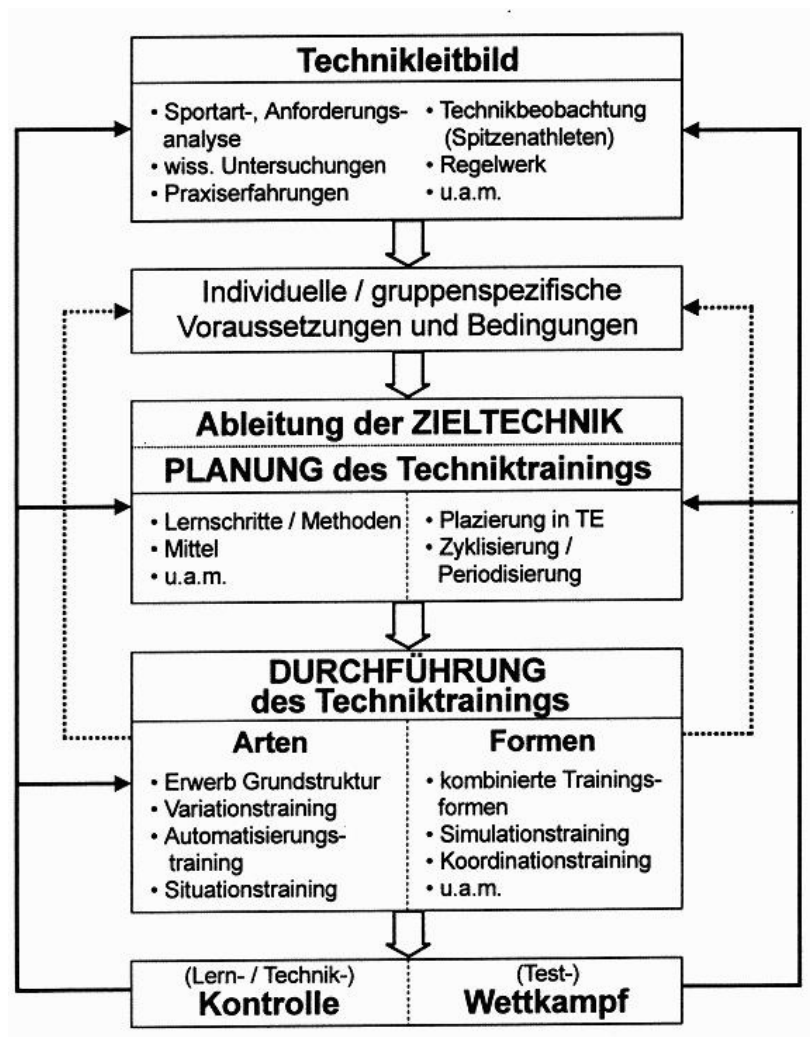


Abb. 3: Komponenten des Techniktrainings (Neumaier, 1997, S. 175)

Motorisches Lernen

Im Zusammenhang mit dem Techniktraining wird sehr häufig der Begriff des „motorischen Lernens“ gebraucht. Zur Abgrenzung dieser beiden Begriffe ist zunächst anzumerken, dass Techniktraining immer motorisches Lernen beinhaltet (Martin et al., 1991), wenngleich motorisches Lernen auch außerhalb des Techniktrainings stattfinden kann. Das motorische Lernen bezieht sich grundsätzlich nicht nur auf sportliche Techniken, sondern ganz allgemein auf die motorische Handlungsfähigkeit. So verstehen Hossner und Künzell (2003, S. 131) unter motorischem Lernen „die erfahrungsabhängige und relativ überdauernde Veränderung der Kompetenz, in bestimmten Situationen durch ein bestimmtes Verhalten bestimmte Effekte zu erzielen.“ Diese Definition erscheint allerdings für *motorisches Lernen* zu allgemein, da der motorische Aspekt hier völlig vernachlässigt wird. Man findet jedoch auch sportspezifischere Definitionen. So

stellt Schnabel (1998, S. 148) bei der Begriffsbestimmung des motorischen Lernens „die Aneignung [...] von Verhaltensweisen und -formen, speziell von Handlungen und Fertigkeiten“ heraus, „deren Hauptinhalt die motorische Leistung ist“. In der Trainingswissenschaft spricht man gerne auch vom „sportmotorischen Lernen“ (Daug, Mechling, Blischke & Olivier, 1991b; Dillinger, 2003), womit der Aspekt verdeutlicht wird, dass der motorische Lernprozess im Techniktraining eine sportliche Technik betrifft.

2.2.2 Inhalte und Ziele des Techniktrainings

Bei der Beschreibung von Trainingsinhalten beziehen sich manche Autoren auf Phasenmodelle des motorischen Lernens. So unterscheidet Schnabel (1987, 1998) im Techniktraining drei in der Reihenfolge nicht umkehrbare Phasen: 1. Entwicklung der Grobkoordination, 2. Entwicklung der Feinkoordination und 3. Stabilisierung der Feinkoordination und Ausprägung der variablen Verfügbarkeit. Die Zugehörigkeit des Lernenden zu diesen Phasen bestimmt die Inhalte und Ziele des Techniktrainings. Ein anderes Phasenmodell des Bewegungslernens beschreibt Bernstein (1969, zitiert nach Hohmann et al., 2002). Danach ist der Umgang mit den Freiheitsgraden einer Bewegung das ausschlaggebende Kriterium. In der ersten Phase, dem „Freezing“, werden alle nicht benötigten Freiheitsgrade „eingefroren“. Beim „Releasing“ werden sukzessive Freiheitsgrade freigegeben, was mit einer Beteiligung von mehr Muskelgruppen und Gelenken einhergeht. In der Phase des „Exploiting“ wird eine dynamische Bewegungsoptimierung durch Ausnutzen geeigneter Freiheitsgrade angestrebt.

Andere Autoren stützen sich bei der Ableitung von Trainingsinhalten weniger auf eine Phasenstruktur als auf die beabsichtigten Trainingsziele, womit eine zeitliche Abhängigkeit von den im Prinzip ähnlichen Inhalten wie bei Schnabel und Bernstein nicht mehr besteht. Das Fertigkeitensniveau wird natürlich trotzdem berücksichtigt. Neumaier differenziert die situative Anpassung als einen weiteren inhaltlichen Aspekt aus und kommt so zu folgenden generellen Zielen des Techniktrainings (1997, S. 176):

- „die *Aneignung* neuer Bewegungsfertigkeiten oder Fertigkeitselemente sowie deren Verbindungen als sportliche Techniken bis zur Beherrschung der Grundstruktur;
- die *situationsgerechte Variation* einer Technik bei wechselnden Realisationsbedingungen (Gelände, Mitspieler, Gegner usw.), die unterschiedlich schwierig vorausnehmbar (antizipierbar) sind;

- die *Automatisierung* und *Stabilisierung* der Technikausführung gegen zunehmende physische Belastung (bei mehrfacher, u. U. vielfacher Wiederholung) und bei psychischer Beanspruchung, indem ihre Ausführung selbst immer freier von den komplexen, kapazitätsbeanspruchenden und relativ langsamen Bewusstseinsprozessen zu machen versucht wird;
- die *Anpassung* an veränderliche, z. T. schwer oder nicht antizipierbare Handlungssituationen, indem aus mehreren grundsätzlich einsetzbaren Techniken schnell die für eine optimale Situationsbewältigung angemessene Technik(-variante) ausgewählt wird.“ (Hervorhebung im Original)

Diesen vier Trainingszielen entsprechend unterscheidet er die im Techniktraining zu behandelnden Inhalte:

- „Erwerb der Grundstruktur der Technik;
- Technik-Variationstraining;
- Technik-Automatisierungstraining;
- Situations- und Entscheidungstraining“ (Neumaier, 1997, S. 190).

Hohmann et al. (2002) überarbeiten diese Ziele und beziehen die Abschirmung der Technik gegen innere und äußere Störfaktoren (s. a. Daug, Blischke, Marschall, Müller & Olivier, 1996; Rieder, 1983) mit ein. Diese Trainingsziele systematisieren sie über ein zweidimensionales Ordnungsprinzip. So differenzieren sie einerseits danach, ob die Bewegung von einem *internen* Anstoß oder einer *externen* Reaktion geprägt ist, andererseits danach, ob das Bewegungsziel in einer *korrekten Ausführung* oder einer *erfolgreichen Lösung* besteht. Die sich daraus ergebende Systematik der Ziele und Inhalte im Techniktraining ist in der folgenden Tabelle (Tab. 1) dargestellt:

Tab. 1: *Systematik der Ziele und Inhalte im Techniktraining (nach Hohmann et al., 2002).*

Erfolgskriterium	Anstoß zur Bewegung	
	Intern	Extern
Korrekte Ausführung	<i>Technikerwerbstraining:</i> Neulernen technischer Fertigkeiten bis zur Automatisierung des dynamischen Optimums	<i>Technikanpassungstraining:</i> Anpassen der Fertigkeiten an Umweltbedingungen wie Gelände, Raum und Zeit
Erfolgreiche Lösung	<i>Technikvariationstraining:</i> Erlernen von Varianten technischer Fertigkeiten bis zum situationsgerechten Einsatz der Varianten	<i>Technikabschirmungstraining:</i> Stabilisieren oder Absichern von Fertigkeiten gegen Gegnereinfluss oder konditionelle Belastungen

Wie bereits erwähnt, findet auch bei diesen Ansätzen das Fertigkeitenniveau Berücksichtigung, jedoch ist die Reihenfolge der einzelnen Trainingsinhalte nicht an das Erreichen einer bestimmten Könnensstufe gebunden. Die Inhalte nehmen dagegen eher einen dem

Niveau und dem damit einhergehenden Trainingsziel angepassten Trainingsumfang ein, wie in Abbildung 4 beispielhaft für eine Sportart dargestellt ist.

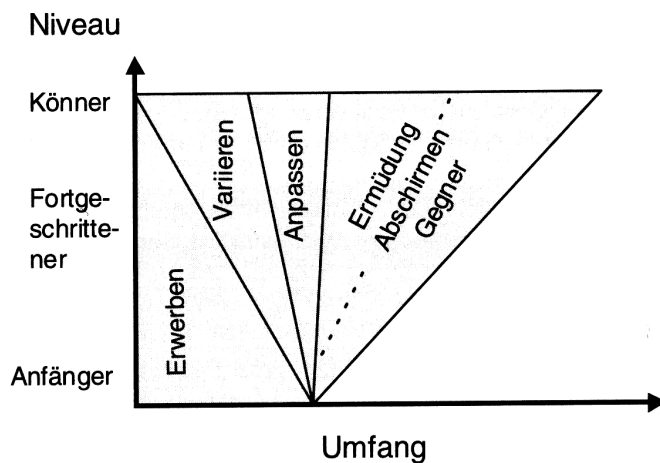


Abb. 4: Heuristische Anordnung von Trainingszielen und Umfang in Abhängigkeit von der Niveaustufe für das Techniktraining (Hohmann et al., 2002, S. 115)

2.2.3 Methodische Grundlagen des Techniktrainings

Bei der Überlegung, wie aus den Zielen des Techniktrainings geeignete Methoden abgeleitet werden können, wird deutlich, dass dieses Problem eng mit den Abläufen beim motorischen Lernen verknüpft ist. Streng genommen müsste das Techniktraining je nachdem, welches motorische Lernkonzept bzw. welche motorische Kontrolltheorie zugrunde gelegt wird, eine andere Methodik aufweisen (Hohmann et al., 2002). Dies ist in der Praxis natürlich nicht gerade wünschenswert. Dennoch sollte bei der Planung des Techniktrainings selbstverständlich bedacht werden, wie die größtmöglichen Lerneffekte erzielt werden können. Dazu ist es durchaus angeraten, sich an den aktuellen Lerntheorien zu orientieren.

2.2.3.1 Motorische Lerntheorien

Ganz allgemein formuliert handelt es sich beim motorischen Lernen aus bewegungswissenschaftlicher Perspektive um „die Genese des sportmotorischen Könnens“ (Schnabel, 1998, S. 148). Auf der Suche nach optimalen Wegen zur Verbesserung dieses Könnens ist man folglich auf der Suche nach Theorien des motorischen Lernens. Wie soeben angedeutet, koexistieren diverse solcher Lerntheorien. Hossner und Künzell (2003) ist es gelungen, zwei Ordnungskriterien zu erstellen, mit Hilfe derer eine Einteilung vieler dieser Lerntheorien möglich ist. Sie setzen dabei einerseits auf die unterschiedliche Ak-

zentuierung der Beziehung zwischen den situativen Bedingungen (engl. *stimulus*, S), den motorischen Aktionen (engl. *response*, R) und den resultierenden Situationsänderungen (engl. *effect*, E). Andererseits finden sie bei den Theorien Differenzierungsmerkmale darin, inwiefern sie interne Kontrollmechanismen annehmen. In Tabelle 2 sind einige der gängigen Lerntheorien auf diese Art und Weise eingeordnet.

Tab. 2: *Beispiele für Lerntheorien, geordnet nach akzentuierter Relation für die Verhaltensklärung sowie nach angenommenen Kontrollmechanismen (Hossner & Künzler, 2003, S. 134)*

Kontrollmechanismus	Akzentuierte Relation	
	Stimulus → Response	Response → Effect
„Black box“	Klassisches Konditionieren (z. B. Pawlow)	Operantes Konditionieren (z. B. Thorndike)
Präskriptiv	Lernen von Programmen (z. B. Schmidt)	Lernen von Regelkreisgrößen (z. B. Adams)
Emergent	S(R)E-Lernen (z. B. Elsner & Hommel; Hoffmann; Munzert)	

Im Behaviorismus in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren Lerntheorien wie das klassische und das operante Konditionieren, welche die kognitiven Aspekte in eine „Black box“ verbannen, weit verbreitet. Ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts setzte man verstärkt auf kognitive Theorien, bei denen auch intern ablaufende Kontrollprozesse berücksichtigt wurden. In der Bewegungswissenschaft fanden hier vor allem die Schematheorie von Schmidt (1988) und auch die Regelungstheorie von Adams (1971) große Beachtung.

Laut Schematheorie besteht motorisches Lernen aus dem Erwerb von Schemaregeln für ein bestehendes bzw. zu erwerbendes „generalisiertes motorisches Programm“ (GMP). Das GMP stellt eine zentral gespeicherte Repräsentation für eine Klasse von Bewegungen dar, die erst kurz vor Beginn der Bewegungsausführung adäquat modifiziert wird. Die Programminvarianten sind dabei die *Sequenzierung*, das *relative Timing* und der *relative Krafteinsatz*. Die Variablen *absolute Timing* und *absoluter Krafteinsatz* werden durch ein Wiedergabeschema bestimmt, das dem Programm basierend auf früheren Parametrisierungen, Ausgangsbedingungen und Bewegungsergebnissen zugeordnet wird. Für das Techniktraining bedeutet dies, dass durch variables Üben die Programmparametrisierung und somit das Lernergebnis verbessert werden kann. In der Trainingswissenschaft beruft man sich auch weiterhin gerne auf diesen Aspekt, auch wenn die Theorie selbst inzwischen häufig kritisiert wird (Munzert, 1989; Wiemeyer, 1992a, 1992b).

Während bei der Schematheorie von Schmidt die Kontrolle über den durch die Bewegung erzielten Effekt nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist gerade die mit jeder Bewegungsausführung einhergehende Rückmeldung in der Regelungstheorie von Adams (1971, zitiert nach Hossner & Künzell, 2003) die zentrale Instanz. Interne Bewegungsrepräsentationen sind für Ausführung, Anpassung, Korrektur, Bewertung und Vorstellung von Bewegungen zuständig (Wiemeyer, 2003). Das so genannte Regelkreislernen besteht in einer Minimierung der Ist-Sollwert-Abweichung der Bewegung. Auch dieser Ansatz wird in der Trainingswissenschaft häufig aufgegriffen, unter anderem wenn es um die Gestaltung von Feedback-Prozessen geht.

Im Gegensatz zu den beiden eben vorgestellten präskriptiven Theorien, bei denen die Bewegungen bis ins Detail zentral kontrolliert werden, gehen die modernen Theorien vom Prinzip der Selbstorganisation aus. Dies bedeutet auf die Motorik übertragen beispielsweise, dass sich motorische Aktionen aus der Umwelt und dem angestrebten Effekt emergent ergeben. Nach dem Modell der antizipativen Verhaltenskontrolle von Hoffmann (2001) wird nach jeder Bewegungsausführung der antizipierte mit dem real eingetretenen Effekt verglichen. Stimmt er überein, wird die RE-Verbindung verstärkt, stimmt er nicht überein, wird die RE-Verbindung geschwächt. Im zweiten Lernschritt wird dann die Beziehung zu den vorliegenden Situationsbedingungen (S), unter denen der aufgetretene Effekt dem antizipierten entspricht, hergestellt. Aus dem Lernprozess resultieren interne Repräsentationen von Situationswahrnehmung und Effektantizipation, anhand derer situationsangemessene motorische Aktionen abgerufen werden können, ohne dass auf gespeicherte Bewegungsdetails zurückgegriffen werden muss. Der Lernvorgang besteht hier also im Erwerb so genannter S(R)E-Triplets.

Auf dem Prinzip der Selbstorganisation basiert auch die Synergetik. Hier interessiert, wie aus dem geeigneten Zusammenspiel von vielen Subsystemen auf mikroskopischer Ebene des Systems eine geordnete Struktur des komplexen Systems auf makroskopischer Ebene hergestellt werden kann. Eine derartige geordnete Struktur wird als stabiler Systemzustand bezeichnet, der über sog. Ordnungsparameter beschrieben werden kann (Daug & Blaser, 1998; Lames, 1992). Übersteigen ständig variierende Kontrollparameter aus der Umwelt des Systems einen kritischen Wert, so wird das System instabil und geht eigendynamisch in einen von vielen möglichen anderen stabilen Zuständen über (Daug & Blaser, 1998; Ludwig, 2000). Motorisches Lernen ist als andauernder Prozess

der Musterformation zu verstehen, der mit dem Aufbrechen stabiler Zustände und der Suche nach neuer Stabilität einhergeht (Daug & Blaser, 1998). In die Sportmotorik übertragen gibt es für Bewegungen Grundmuster (sog. „Attraktoren“) (Lames, 1992), die jedoch nicht als motorische Programme gespeichert werden. Dagegen werden systemeigene Ordnungsparameter gespeichert, die das Zusammenspiel der einzelnen Systemkomponenten, beispielsweise von Agonist und Antagonist oder verschiedener Muskelgruppen, organisieren (Schöllhorn, 1998, 1999). Schöllhorn (1998, 1999) leitete aus diesem systemdynamischen Ansatz die Methode des differentiellen Lernens für die Trainingswissenschaft ab. Das Lernen von Bewegungen soll danach durch motorische Ausführungen einer möglichst großen Streubreite von Übungen erfolgen, so dass sich das System von selbst auf die optimale Bewegung einschwingen kann.

Die Theorie der dynamischen Systeme liegt auch dem ökologischen Ansatz zugrunde, „wonach die Bewegungskoordination – als organisierte Motorik – aus den peripheren Einschränkungen des Systems und nicht aus zentral gespeicherten Steuerungsstrukturen entsteht“ (Pesce, 2003, S. 29). In Tabelle 3 sind die Hauptdifferenzen zwischen dem kognitiven und dem ökologisch-dynamischen Ansatz zur Bewegungssteuerung und zum motorischen Lernen im Überblick dargestellt.

Tab. 3: *Ansätze zur Methodik motorischen Lernens (Pesce, 2003, S. 29)*

Ansatz	kognitiv „motor approach“	ökologisch-dynamisch „action approach“
Eigenschaften	strukturell: beschreibt Mechanismen	phänomenologisch: beschreibt Gesetze und Prinzipien
	informationell: basiert primär auf Psychologie	energetisch und informationell: basiert primär auf Biologie und Physik
Theorien/Modelle	closed-loop-Theorie	Koordinationsmodell von Bernstein
	Theorie der generalisierten motorischen Programme/ des motorischen Schemas	Theorie der dynamischen Systeme
Steuerungssystem	hierarchisch	heterarchisch
Regelung	programmiert	selbstorganisierend
Fertigkeitsarten	primär azyklisch	primär zyklisch, kontinuierlich

Eine endgültige Entscheidung zugunsten eines dieser beiden Ansätze ist nicht zu erwarten. Zu einigen Aspekte, die für die praxisorientierte Forschung zum motorischen Lernen im Sport fundamental sind, wie Informationsgestaltung im Training, Bewegungsaus-

tomatisierung oder mentales Training, werden z. B. vom „action approach“ keinerlei Aussagen gemacht. So ist zum momentanen Zeitpunkt eher damit zu rechnen, dass ein Fortschritt durch die Integration der beiden Ansätze zustande kommt (Daug & Blaser, 1998).

2.2.3.2 Forschungsstand zu Methoden im Techniktraining

Bei der Vorstellung der lerntheoretischen Ansätze wurde bereits deren Bedeutung für das Techniktraining angedeutet. Im Folgenden sollen nun ausführlicher einzelne Methoden beschrieben werden, die im Techniktraining Anwendung finden. Der in der vorliegenden Untersuchung zentralen methodischen Frage nach der Kombination von Techniktraining mit konditionellen Belastungen ist dabei im Anschluss ein eigener Abschnitt (2.3) gewidmet.

Bei der Aufstellung von Methoden für das Techniktraining sind folgende Probleme zu konstatieren:

1. Es existieren verschiedene Kategoriensysteme zu Trainingszielen im Techniktraining.
2. Es existieren mehrere aktuell verfolgte Lerntheorien.

Von verschiedenen Autoren wird nun auf die unterschiedlichsten Kombinationsmöglichkeiten aus beiden Pools und, nicht zu vergessen, auf aus der Praxis abgeleitete Prinzipien zurückgegriffen, womit einerseits eine nicht mehr zu überschauende Methodenvielfalt entsteht, und andererseits eine Legitimation fast aller Methoden möglich ist. Außerdem werden nur zu Einzelaspekten vornehmlich des Technikerwerbstrainings überhaupt Methoden angeführt. So muss zum heutigen Zeitpunkt eingeräumt werden, dass gegenwärtig „noch kein allgemein anerkanntes Methodensystem im Techniktraining [existiert], welches vergleichbar mit der Strukturierung beim Konditionstraining ist“ (Pleszinger & Krug, 2006). Hier besteht noch dringender Bedarf nach einer Systematisierung. Nichtsdestotrotz sollen an dieser Stelle einige der gängigen Techniktrainingsmethoden dargestellt werden. Die meisten dieser Methoden beziehen sich auf die Gestaltung der technischen Übung an sich und auf die Übungsabfolge innerhalb einer Trainingseinheit sowie im langfristigen Trainingsaufbau (s. Abb. 5).

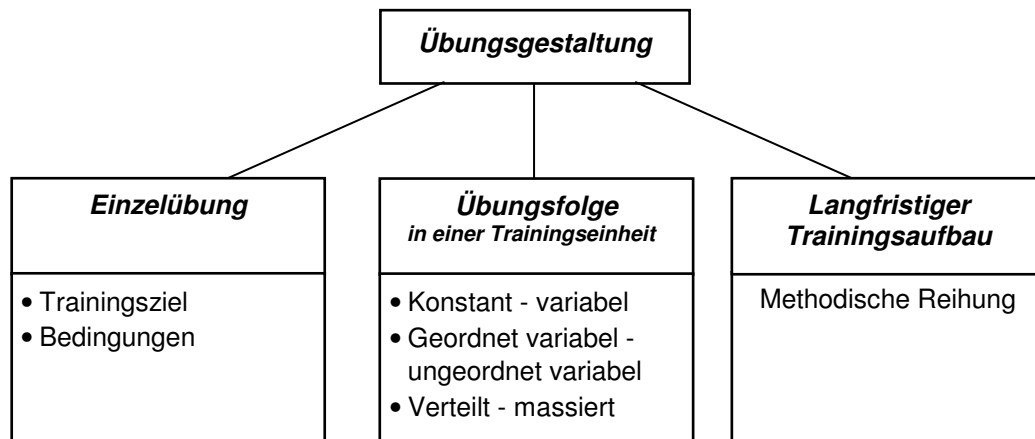


Abb. 5: Differenzierung von Übungsgestaltung in Einzelübung und Übungsfolge innerhalb einer Trainingseinheit und im langfristigen Trainingsaufbau (in Anlehnung an Wiemeyer, 2003)

2.2.3.3 Übungsgestaltung

Einzelübung

Zunächst steht die Überlegung an, wie die einzelne technische Übung zu gestalten ist. Dazu ist zu beachten, welches Trainingsziel (beispielsweise Technikerwerb oder Technikabschirmung) mit der Übung verfolgt werden soll. Zu beachten ist ferner, unter welchen Bedingungen die Einzelübung ausgeführt wird, hierbei insbesondere welche konditionellen, koordinativen und psychischen Voraussetzungen die Trainierenden mitbringen, aber auch, um welche Aufgabenart es sich handelt (offene oder geschlossene Fertigkeit).

Methodische Empfehlungen zum Technikerwerbstraining bei Anfängern bestehen beispielsweise in der Ableitung sinnvoller Vereinfachungsstrategien. Roth (1990a) nennt hier drei aus der GMP-Theorie von Schmidt abgeleitete Prinzipien:

1. Das Prinzip der Programmverkürzung, nach welchem die Gesamtbewegung an sinnvollen Stellen zerlegt oder geteilt wird.
2. Das Prinzip der Unterstützung der invarianten Programmelemente durch taktile, kinästhetische, akustische oder optische Ausführungshilfen oder durch die Reduktion der zeitlichen und dynamischen Präzisionsanforderungen.
3. Das Prinzip der Veränderung der variablen Programmparameter durch zeitliche Programmdehnung („Slow-Motion-Üben“) oder durch reduzierten Krafteinsatz, beispielsweise durch den Einsatz leichter Sportgeräte.

Diese Vereinfachungen sind im Verlauf des Aneignungsprozesses sukzessiv abzubauen, bis die angestrebte Zieltechnik beherrscht wird.

Orientiert man sich dagegen an dynamischen Systemtheorien, so ist eine Zerlegung der Bewegung eher kontraproduktiv. Denn bei diesem Ansatz bedeutet Lernen das selbst aktive Suchen und Entdecken von „Gesetzmäßigkeiten, die der spezifischen und unauf lösbaren Konstellation von Aufgabe, Person und Umwelt zugrunde liegen“ (Wiemeyer, 2003, S. 417). Somit wird von Vertretern dieses Ansatzes ein ganzheitliches Vorgehen postuliert, wobei motorische Ausführungen im gesamten Bereich der möglichen Lösungen durchzuführen sind. Schwankungen oder Fehler werden als Notwendigkeit für natürliche Adaptationsprozesse angesehen, die es dem System erlauben, auf veränderte Bedingungen adäquat zu reagieren. Durch die Vielfalt der Bewegungsausführungen bereits im Aneignungsprozess soll der Athlet den Bereich seiner optimalen Technik selbst herausfinden (Pesce, 2003; Schöllhorn, 1999). Damit ist die Technik auch von Anfang an weniger störanfällig als ein Stereotyp.

Beim Technikerwerbstraining von geschlossenen Fertigkeiten schlagen Hohmann et al. (2002) eine Orientierung an den Phasen des Technikerwerbs nach Bernstein vor. In der ersten Phase, in der der Lernende kaum in der Lage ist, die vielen Freiheitsgrade des neuromuskulären Systems und der Umgebung zu beherrschen, sind Methoden einzusetzen, die eine Komplexitätsreduktion ermöglichen, wie z. B. das Führen von Bewegungen („Freezing“). Wird die Technik in der vereinfachten Form beherrscht, werden in der nächsten Phase zusätzliche Freiheitsgrade rekrutiert, womit eine flüssigere Bewegungsausführung ermöglicht wird („Releasing“). In dieser Phase ist es methodisch angeraten, hohe Wiederholungszahlen bei adäquaten Rückmeldungsstrategien durchzuführen. Bevor im Training damit begonnen werden kann, auch externe Kräfte (z. B. Schwerkraft, Trägheit) und reaktive Kräfte (z. B. Muskelelastizität) auszunutzen („Exploiting“), muss bereits ein gutes Fertigkeiteniveau vorliegen (Pesce, 2003). Die trainingsmethodische Herausforderung besteht darin, „sportartspezifische Formen der Annäherung an die optimierte Bewegung mit speziellen Strategien der Informationsaufnahme und der Rückmeldung zu finden“ (Hohmann et al., 2002, S. 118). Beim Technikerwerb von offenen Fertigkeiten ist die an dieser Phaseneinteilung orientierte Methodik nur noch bedingt anwendbar und könnte, falls große Trainingsumfänge zur Verfügung stehen, durch im-

plizites Lernen (Magill, 1998b; Wulf, 1993) oder, bei Sportsportarten, durch inzidentelles Lernen (Roth & Raab, 1998) abgelöst werden.

Auch für das Technik-Variationstraining sind, solange die Technik noch nicht gut beherrscht wird, Vereinfachungsstrategien angeraten. Die hier üblichen Vorgehensweisen sind additiv-monotones Üben, bei dem die Technik zwar unter konstanten Bedingungen, jedoch in verschiedenen Situationen trainiert wird, und variables Üben unter erleichterten Bedingungen (Neumaier, 1997). Auch im fortgeschrittenen Stadium, wenn auf die Vereinfachungen weitgehend verzichtet werden kann, ist variables Üben ein häufig eingesetztes methodisches Prinzip zur Technikoptimierung.

Zur Automatisierung der Technik soll das Training unter Normalbedingungen oder unter erschwerten Bedingungen (schwerere Geräte, schnelleres Tempo, Doppel-Aufgaben) durchgeführt werden. Eine Verbalisierung des Bewegungsablaufs zur Rhythmisierung und Selbstinstruktion können in dieser Lernphase vorteilhaft sein (Neumaier, 1997).

Im Situations- und Entscheidungstraining nach Neumaier (1997), das hauptsächlich in Sportsportarten relevant ist, soll gelernt werden, in komplexen Situationen die beste Technik auszuwählen und situationsadäquat anzuwenden. Dazu müssen im Training neue komplexe Bedingungen geschaffen, verschiedene Lösungswege ausprobiert und Entscheidungshilfen angeboten werden. Bis die Ausführung unter wettkampftypischen psychischen und physischen Belastungen erfolgen kann, ist es auch im Situations- und Entscheidungstraining erforderlich, zu Beginn des Lernprozesses Vereinfachungen bezüglich der Situationskomplexität und der Aufgabenstellung vorzunehmen.

Ohne Bezug zu einem speziellen Trainingsziel, sollen gemäß der Spezifitätshypothese aus der Motorikforschung (Magill, 1998a, 1998b) Trainingsübungen eine Vielzahl an Ausführungskontexten beinhalten, in denen kritische Regulationseigenschaften der Umgebung auftreten. Deshalb soll Techniktraining in einer authentischen und wettkampfähnlichen Trainingsumgebung stattfinden.

Die sportartübergreifende, auf Erfahrungswerten beruhende methodische Triade von Krug (1996), markiert Eckpunkte der methodischen Vielfalt im Techniktraining (s. Abb. 6). Unter dem Komplex Teil - Ganzes unterscheidet er beispielsweise zwischen Basisfertigkeiten und Zielbewegung oder zwischen dem Segmentieren und dem Integrieren von Bewegungen. Für eine erleichterte Ausführung sind u. a. Trainerhilfen oder leichtere Geräte, für eine erschwerte Ausführung schwerere Geräte oder Zusatzlasten einzusetzen.

zen. Die Kontrast-Methode besteht darin, gegenüber der Originalbewegung z. B. mit langsamerem oder schnellerem Bewegungsablauf, mit früherem oder späterem Einsatz, mit flacherem oder steilerem Abwurf zu üben. Welches Trainingsziel mit welcher Methode verfolgt wird, wird allerdings nicht näher beschrieben.

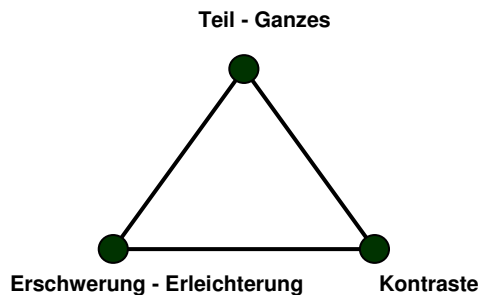


Abb. 6: Methodische Triade des Techniktrainings (Krug, 1996, S. 9)

Übungsfolge innerhalb einer Trainingseinheit

Im Techniktraining wird natürlich nicht nur eine Einzelübung durchgeführt, sondern es werden die Einzelübungen unter verschiedenen Aspekten zu Übungsfolgen zusammengesetzt (vgl. 2.2.3.3, Abb. 5).

Konstant - variabel

Geht man aus neurophysiologischer Perspektive von einer Engramm-Bildung aus, so sind Einschleifprozesse mit hohen Wiederholungszahlen unter möglichst gleichen Bedingungen angeraten. Dies wird beim Erwerb der Technik-Grundstruktur angestrebt (Neumaier, 1997). Auch in Anlehnung an behavioristische und auch neokonnektionistische Modelle sollen zur Stärkung sensomotorischer Assoziationen Bewegungen unter gleich bleibenden Bedingungen häufig konstant wiederholt werden (Wiemeyer, 2003). Dabei darf man natürlich nicht vergessen, dass eine identische Bewegungsausführung aufgrund der Komplexität der Umgebungsbedingungen in der Realität nicht vorkommt, und dass das Prinzip des Lernprozesses das wiederholte Suchen nach dem optimalen Lösungsverfahren ist (Bernstein, 1988).

Orientiert man sich an den Informationsverarbeitungsmodellen für das Bewegungsklernen, so richtet sich die Übungsfolge nach dem Trainingsziel. Wird auf die Stabilisierung der Technik hingearbeitet, so soll konstant geübt werden. Wird hingegen die variable Anwendbarkeit angestrebt, so soll variabel geübt werden (Wiemeyer, 2003). Dagegen werden nach dem Prinzip des differentiellen Lernens in Anlehnung an den systemtheo-

retischen Ansatz vielfältige Variationen im Techniktraining von Anfang an gefordert (Schöllhorn, 1999).

Für die Technikautomatisierung ist ein monotones Einschleiftraining nicht mehr das Maß aller Dinge. Vielmehr soll auf eine anpassungsfähige, störstabile Programmkonstanz und -präzision hingearbeitet werden. Dies ist selbst für Sportarten mit standardisierten Bewegungstechniken gemäß der Variabilitätshypothese von Schmidt über Parametervariationen effektiver zu erreichen als über rein monotones Üben (Roth, 1990b).

Kontext-Interferenz

Hat man sich, aus welchen theoretischen Überlegungen auch immer, für ein variables Training entschieden, so steht man unmittelbar vor der nächsten Entscheidung: Sollen die Übungen geordnet variabel oder ungeordnet variabel aneinander gereiht werden, d. h. soll eine Aufgabenvariante mehrmals hintereinander durchgeführt werden, bevor der nächste Aufgabenblock beginnt? Zu dieser Frage der so genannten Kontext-Interferenz (KI) liegen eine Vielzahl von Untersuchungen vor, die zeigen, dass eine zufällige Reihung von Übungsvarianten durchaus vorteilhaft sein kann (Wiemeyer, 2003). Stellt sich bei hoher KI auch zunächst eine geringere *Ausführungsleistung* ein, so führt sie doch zu größeren *Lernleistungen*, wie Retentions- und Transfertests zeigen. Geringe KI dagegen schafft eine Kontext-Abhängigkeit, die die Leistung bei Aufgabenvariationen oder bei geändertem Kontext behindert (Landin & Hebert, 1997). Die Voraussetzung dafür scheint allerdings eine ausreichende Übungshäufigkeit und ein ausreichendes Fertigkeiteniveau zu sein. Die Schwierigkeit des Übens unter hoher KI überfordert den Lernenden in den frühen Stadien des Techniklernens. Für das Lernen bei Kindern oder Anfängern scheint ein strukturiertes Vorgehen vorteilhafter zu sein. Der optimale Weg in der Praxis, in der kaum exakt gleiche Leistungsniveaus der Trainierenden vorliegen, scheinen moderate KI-Bedingungen zu sein. D. h. es wird eine angemessene Anzahl an Wiederholungen unter einer Bedingung angeboten, die Fehlerkorrekturen ermöglicht, bevor die Bedingungen verändert werden. So kann der Lernende sich sowohl an Aufgaben- als auch an Umgebungsvariablen anpassen.

Verteilt - massiert

Auf die Problematik, ob Technikübungen verteilt oder massiert geübt werden sollen, d. h. ob Übungsfolgen mit oder ohne Pausen absolviert werden sollen, wird im Abschnitt 2.3, in dem es um die Belastungsgestaltung im Techniktraining geht, noch ausführlicher

eingegangen. Bei zyklischen Bewegungen jedenfalls ist eine Überlegenheit von verteiltem Üben gegenüber einem Üben ohne Pausen vorzufinden (Wiemeyer, 2003).

Langfristiger Trainingsaufbau

Im Zuge der mittel- und langfristigen Trainingsplanung ist zu bedenken, wie die einzelnen Techniktrainingseinheiten methodisch gereiht werden sollen. Am weitesten verbreitet ist ein systematisch geordnetes, an methodischen Grundsätzen orientiertes Vorgehen. Sieht man Bewegung als komplexes Aggregat von Elementen, so ist eine sukzessive Aneinanderreihung von Teilsequenzen bis zum Erlernen der kompletten Fertigkeit eine methodische Gestaltungsmöglichkeit. Ausgehend von Haupt- und Hilfsfunktionsphasen kann die Übungsfolge auch vom Kern nach außen erfolgen (Wiemeyer, 2003). Im so genannten ABC-Methodensystem nimmt Roth (1990a) eine Einteilung in drei Anforderungsklassen vor, die mit sportlichen Techniken zu lösen sind. Der Klasse „A“ entsprechen geschlossene Aufgaben, die mit präzisen und stabilen Grundbewegungen beantwortet werden müssen. Für die Klasse „B“ müssen zur Reaktion auf offene Aufgaben die Grundbewegungen ständig modifiziert und für die Klasse „C“ den gegebenen Situationsanforderung angepasst werden. Das Training dieser drei Elemente kann für den langfristigen Trainingsaufbau auf verschiedene Weisen angeordnet werden. Bei strikter Anlehnung an die Phasenmodelle des motorischen Lernens werden linear aufsteigende A-B-C-Übungsreihen favorisiert. Weiter verbreitet ist allerdings die aufsteigend-parallele A→BC-Reihung. Während sich das A-Lernen über die Grob- und Feinkoordination nach Schnabel (1987) erstreckt, wird das BC-Lernen auf der Stufe der variablen Verfügbarkeit gemeinsam durchgeführt. Vor allem in Sportsportarten praktikabel ist auch ein dritter so genannter konzentrischer Lehrweg ($CBA1 \rightarrow CBA2 \rightarrow CBA3$), bei dem mit der Technikanpassung („C“) auf die speziell geforderte Zieltechnik begonnen wird, ehe sie unter Rückgriff auf A- und B-Lernen präzisiert wird. Je nach Realisierungsbedingungen ist das optimale „Methoden-Puzzle“ aus diesen prinzipiellen Reihungsmöglichkeiten zusammen zu stellen (Roth, 1990a).

Favorisiert man eher den systemdynamischen Ansatz, so gehen die weitgehend selbstorganisierten Lernprozesse so vonstatten, dass Anfänger zunächst nach stabilen Lösungen suchen, was sich z. B. in der Blockade von Freiheitsgraden zeigt (vgl. Bernstein, 1988). Im weiteren Lernverlauf werden diese Blockaden allmählich aufgehoben. Die Lernenden suchen über die Variation von Aufgaben- oder Situationsbedingungen nach den

Freiräumen der Bewegung und können dadurch alte Koordinationsmuster destabilisieren und neue Muster aufbauen (Wiemeyer, 2003).

2.2.3.4 Informationsgestaltung

Wenngleich dem physischen Üben beim Bewegungslernen die größte Bedeutung zukommt, so ist doch auch die Informationsgestaltung bei der Technikvermittlung ein methodisch durchaus relevanter Aspekt, da sie auf Lernprozesse gravierenden Einfluss nehmen kann.

Instruktion

Auch bei der Frage nach den Inhalten und der Gestaltung von Instruktionen sind je nach vertretener Lerntheorie verschiedene Empfehlungen vorzufinden. Richtet man sich nach den behavioristischen Lernmodellen, so sind Instruktionen als klar verständliche Bewegungsanweisungen zu geben. Nach den Lehrmethoden von Informationsverarbeitungsmodellen ist eine klare und detaillierte Bewegungsvorstellung zu vermitteln. Dabei sollte auf eine Kombination aus visuellen, verbalen und akustischen Informationen zurückgegriffen werden. Von Vertretern der dynamischen Systemtheorie dagegen werden Instruktionen im Sinne der Vorgabe von Bewegungslösungen eher skeptisch beurteilt. Vielmehr sollten Instruktionen den Such- und Entdeckungsprozess der Lernenden fördern (Wiemeyer, 2003).

Feedback

Rückmeldungen über die Bewegungsausführung zur Fehlerminimierung oder zur verbesserten Bewertung von Eigeninformationen werden neben der motorischen Übung selbst als wichtigste Einflussgröße des motorischen Lernens angesehen (Marschall & Daus, 2003). Während nach dem behavioristischen Lernmodell Feedback hauptsächlich als Lob oder Tadel zur positiven oder negativen Verstärkung der Bewegungstechnik eingesetzt wird, betrachtet man in der Sportwissenschaft gemäß den Informationsverarbeitungsmodellen sehr sorgfältig, „*welche Informationen wann, in welcher Form, wie häufig und unter welchen Bedingungen* verfügbar sein müssen, um den gewünschten Lernerfolg zu erreichen“ (Daus et al., 1996, S. 32; Hervorhebung im Original). Dabei müssen grundsätzlich wieder Rahmenbedingungen wie das Fertigkeiteniveau des Lernenden, die Art der Lernaufgabe und die inhaltliche Zielstellung berücksichtigt werden.

Beim systemtheoretischen Ansatz spielt das extrinsische Feedback eine untergeordnete Rolle, da der Lernende durch die vielfältige Übungsvariation den für ihn optimalen Lösungsweg selbst herausfinden soll.

Informationsinhalt und -art

Durch die Bereitstellung von differenzierten Sollwert-Informationen, wie die Zielbewegung ausgeführt werden soll, beispielsweise durch Videopräsentationen, werden bereits bei ersten Ausführungsversuchen deutliche Effekte erzielt (Marschall & Daug, 2003; Müller, 1995). Als dahinter stehendes Prinzip wird der Aufbau von „internen Bewegungsrepräsentationen“ angenommen, die es Anfängern ermöglichen, bewegungsinduziertes Feedback für die Leistungsverbesserung zu nutzen (Blischke, Panzer, Müller, Müller & Daug, 1997; Magill, 1998a). Die zusätzliche Bereitstellung von unkommentierter (Video-)Istwert-Information über die Bewegungsausführung bringt beim Modelllernen auch im weiteren Lernverlauf keine Vorteile (Blischke et al., 1996; Kernodle & Carlton, 1992). Bei trefferorientierten Aufgaben, bei denen hinreichendes sensorisches Feedback zur Verfügung steht, wie z. B. beim Korbwurf im Basketball, kann Istwert-Information für den Lernprozess sogar störend sein. Bei Parameter-Optimierungsaufgaben, wie z. B. beim Realisieren einer konkreten Sprunghöhe, sind Istwert-Informationen dagegen wichtig. Sind gerade zu Beginn des Lernprozesses große Informationsmengen zu verarbeiten, reicht bei Modell-Lernaufgaben, wie z. B. beim Erlernen einer Wurfbewegung, die alleinige Soll-Istwert-Präsentation nicht aus. Die Hinzunahme von Aufmerksamkeitslenkungen auf besonders ausführungsrelevante Merkmale bei der Sollwert-Präsentation, von Diskrepanzinformationen der ausgeführten Bewegung bezüglich des Sollwerts und von Korrekturhinweisen führt hier zu besseren Lernerfolgen (Kernodle & Carlton, 1992; Marschall & Daug, 2003). Die Istwert- oder Diskrepanzinformation kann sich dabei auf das Bewegungsergebnis („KR“, „knowledge of results“) oder auf den Bewegungsverlauf („KP“, „knowledge of performance“) beziehen.

Informationszeitpunkt

Rückmeldungen, z. B. über Kraft-Zeit-Verläufe oder über Raum-Zeit-Verläufe, können bereits während des Bewegungsablaufs erfolgen. Der Forschungsstand hierzu ist allerdings noch relativ dürftig. Lerneffekte scheinen jedenfalls auch bei simultaner Informationsbereitstellung stark von der Aufgabenart und vom Lernniveau abhängig zu sein

(Marschall & Daug, 2003). Der Zeitraum zwischen der Beendigung der Bewegungsausführung und der Präsentation von KR, das so genannte Prä-KR-Intervall, sollte so lang sein, dass der Lernende bewegungsinduziertes Feedback verarbeiten kann, dass der Bewegungseindruck aber auch noch nicht verblasst ist. Abhängig von Aufgabenart und Kontext handelt es sich dabei um Zeiträume von 5 bis 20 Sekunden. Tendenziell scheint beim Neulernen eher ein kürzeres Intervall effektiv zu sein, mit zunehmendem Könnensstand sind auch längere Intervalle lernwirksam (Daug et al., 1996). Der Zeitraum von der Feedback-Bereitstellung bis zur nächsten Bewegungsausführung (Post-KR-Intervall) darf bis zu 2 Minuten dauern. In diesem Zeitraum sollte es dem Lernenden gelingen, das erhaltene Feedback mit dem eigenen Bewegungseindruck abzugleichen. Die hier angegebenen Zeiträume sind mit den Gegebenheiten in der Praxis gut vereinbar.

Informationsfrequenz

Bezüglich der Informationsfrequenz kann zum heutigen Zeitpunkt konstatiert werden, dass es selbst bei niedrigem Lernniveau nicht nötig ist, Rückmeldungen zu jeder Bewegungsausführung zu geben. Als ausreichend hat sich eine Frequenz von ca. 25-30% herauskristallisiert (Daug et al., 1996; Marschall & Daug, 2003). Das bedeutet, dass nur bei jedem dritten bis vierten Versuch Feedback gegeben werden muss. Weitere Varianten sind das „bandwidth-KR“, bei dem Feedback nur dann gegeben wird, wenn die Bewegungsausführung eine festgelegte Fehler-Bandbreite überschreitet, das „summary-KR“ oder „summary-KP“, bei dem Feedback erst nach mehreren Versuchen bereitgestellt wird, und die so genannten Selbstwahl-Prozeduren, bei denen der Lernende selbst entscheiden kann, wann er Feedback benötigt. Gerade die letztere Methode hat sich als besonders lernwirksam erwiesen (Marschall & Daug, 2003).

2.3 Techniktraining und konditionelle Belastungen

Während in den letzten Kapiteln der aktuelle Forschungsstand zu den Grundlagen des Techniktrainings und zu den physiologischen Veränderungen durch konditionelle Belastungen vorgestellt wurde, soll nun im Folgenden ausgeführt werden, wie diese Aspekte im Hinblick auf das Problem der Belastungsgestaltung im Techniktraining miteinander verschmolzen werden. Dazu werden zunächst traditionelle Aussagen aus der Trainingslehre in der Reihenfolge ihres zeitlichen Auftretens bzw. ihrer angeführten Argumenta-

tionslinie vorgestellt. Zunächst werden die neuesten Empfehlungen noch ausgespart, weil im Anschluss einige der in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen vorgestellt werden, deren Ergebnisse von manchen Trainingswissenschaftlern aufgegriffen und zu den differenzierteren aktuellen Aussagen weiterverarbeitet wurden. Diese werden dann in der Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands zum Techniktraining unter konditioneller Belastung präsentiert (2.4.2).

2.3.1 Traditionelle Aussagen der Trainingslehre

Wie im Kapitel über Sportphysiologie (2.1) aufgezeigt wurde, haben konditionelle Belastungen unterschiedlichste Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Wie mit diesen Auswirkungen umzugehen ist, wurde und wird in der Sportwissenschaft eingehend beforscht, denn es ist die Voraussetzung für die Entwicklung von effizienten Trainingsmethoden. Allerdings verteilte sich die Forschungsaktivität lange Zeit nicht gleichmaßen über alle Trainingsbereiche. Während im Konditionstraining Belastung systematisiert und orientiert an Kennwerten eingesetzt wurde, war die Belastungsdosierung im Techniktraining lange Zeit eher zufällig (Martin & Lehnertz, 1989) bzw. eher an tradiertem Wissen angelehnt als durch wissenschaftliche Untersuchungen belegt. Deshalb sind die folgenden Aussagen auch eher der *Trainingslehre* als der *Trainingswissenschaft* zuzuordnen.

Es schien nahe liegend zu sein, beim Erlernen sportlicher Techniken möglichst einfache Rahmenbedingungen zu schaffen, so dass die Übungen ungestört angeeignet werden konnten. Konditionelle Beanspruchungen sollten nicht zu Lasten der korrekten Technikausführung gehen (z. B. Gerisch, 1983; Schnabel, 1986). Aus dieser Zeit stammen Aussagen der Trainingslehre wie z. B. von Grosser und Neumaier (1982). Sie forderten, dass Techniktraining grundsätzlich vor Konditionstraining durchzuführen ist. Frey und Hildenbrandt (1994) schrieben über den Aufbau einer Trainingseinheit:

„Die Belastungsstruktur muss eine genau festgelegte Reihenfolge der verschiedenen Reizsetzungen aufweisen, damit sich die Effekte nicht gegenseitig negativ beeinflussen oder gar aufheben. In diesem Zusammenhang werden in der Trainingspraxis dann die meisten Fehler gemacht, wenn bei geringerer Trainingshäufigkeit pro Woche zuviel in dieselbe Einheit „gepackt“ werden muss. So ist es z. B. unsinnig, nach Tempoläufen noch an der Hürdentechnik zu feilen...“ (Frey & Hildenbrandt, 1994, S. 157).

Als Begründung für die Einhaltung dieser Reihenfolge wurde z. B. angeführt, dass „nur im ausgeruhten Zustand das optimale Zusammenspiel der einzelnen Muskelgruppen im Sinne der intra- und intermuskulären Koordination möglich ist. Zudem kann Techniktraining nur im Zustand höchster Konzentrationsfähigkeit gewinnbringend durchgeführt werden“ (Letzelter, 1994, S. 73). Lehnertz (1990) zog neurophysiologische Grundlagenbefunde heran und leitete daraus ohne jegliche Prüfung auf praktische Übertragbarkeit Trainingsempfehlungen ab: Davon ausgehend, dass beim motorischen Lernen spezifische synaptische Bahnungen und Verschaltungen im neuronalen Netz des ZNS gebildet und gefestigt werden, kommt er zu dem Schluss, dass es durch die in ermüdetem Zustand größtenteils technisch misslingenden Bewegungsversuche zu Synapsenfehlprogrammierungen kommt. So sind für ihn konditionelle Belastungen vor dem Techniktraining indiskutabel. Vorteilhaft sei außerdem sogar eine mindestens einstündige Pause nach dem Techniktraining, „damit in der Nachübungsphase genügend Zeit bleibt, in der das ZNS keine intensiven neuen Reize verarbeiten muss“ (Lehnertz, 1991, S. 176). Derartige Aussagen sind nach dem heutigen Erkenntnisstand natürlich nicht mehr haltbar (vgl. 2.2.3.1). Dagegen scheint seine Forderung, bei der Quantität und zeitlichen Einordnung des Techniktrainings den individuellen Leistungszustand des Sportlers zu beachten, sicherlich sinnvoll. Auch von anderen Autoren wurden bezüglich des Lernstadiums differenziertere Empfehlungen für den Umgang mit Belastungen im Techniktraining gegeben. Schnabel (1986, 1998) forderte, dass für das Erlernen sportlicher Bewegungen hohe körperliche und geistige Frische vorherrschen sollte. In der Lernphase der Vervollkommnung sollte die Technik nicht nach stärker belastendem, ermüdendem konditionellen Training geübt werden, da „Trainings- und Übungswirkungen auf das handlungssteuernde System in erster Linie durch Tätigkeit der betreffenden Systeme im Zustand des Funktionsoptimums, also vor Eintritt stärkerer Ermüdungerscheinungen“ zustande kommen (Schnabel, 1991, S. 128). Für die dritte Lernphase der Stabilisierung und variablen Verfügbarkeit wurde dann jedoch gefordert, sehr wett-kampfnah zu trainieren, da nur so das Zusammenwirken informationeller und energetischer Prozesse bei der Leistungsrealisierung gelingen kann (s. a. Krüger, 1989). Dies kann als Übertragung der Spezifitätshypothese auf den konditionellen Aspekt beim Techniktraining angesehen werden.

Differenziert nach dem Trainingsziel schlugen Martin et al. (1991) vor, zu Beginn eines Mikrozyklus aufgrund der besseren zentralnervösen Regenerationsbedingungen Techniktraining durchzuführen, das auf die Bildung und Festigung von Engrammen abzielt. Kommt es gegen Ende des Mikrozyklus zu einer komplexen Ermüdung, sei dagegen ein Techniktraining vorzuziehen, das die Stabilisierung der Technik gegen ermüdungsbedingte Störgrößen zum Ziel hat.

Diese oben dargestellten Aussagen basierten wie erwähnt kaum auf sportwissenschaftlichen experimentellen Befunden. Eher waren die Auffassungen von tradiertem Erfahrungswissen und von Folgerungen aus den aus der Psychologie vorherrschenden Theorien zum motorischen Lernen geprägt. Auch ein Einfluss der amerikanischen verhaltenensorientierten Motorikforschung der 60er, 70er und 80er Jahre (z. B. Alderman, 1965; Bartz & Smith, 1970; Benson, 1968; Carron, 1969, 1972; Carron & Ferchuk, 1971; Cochran, 1975; Dickinson, Medhurst & Whittingham, 1979; Dwyer, 1984; Godwin & Schmidt, 1971; Pack, Cotten & Biasiotto, 1974; Schmidt, 1969; Thomas, Cotton, Spieth & Abraham, 1975; Welch, 1969; Whitley, 1973; Williams & Singer, 1975; Williams, Daniell-Smith & Gunson, 1976; Williams, McEwen, Watkins, Gillespie & Boyd, 1979) kann nicht ausgeschlossen werden, auch wenn kaum explizit auf deren Befunde Bezug genommen wird. Hier wurde in diversen Untersuchungen die Auswirkung von unterschiedlichsten Belastungen auf die Leistung einfacher motorischer Handlungen studiert. Der motorische Output wurde dabei meist als negativ beeinflusst vorgefunden. Erst eine systematische Re-Analyse dieser Befunde durch Olivier (1991a) brachte eine kleine Trendwende. Es stellte sich heraus, dass die Ergebnisse keineswegs so einheitlich waren, wie sie auf den ersten Blick schienen. Einerseits führten nicht alle Arten und Intensitäten von Belastungen nur zu negativen Effekten. Man denke beispielsweise an die positiven Effekte des Aufwärmens. Andererseits wurde größtenteils ausschließlich die momentane Ausführungsleistung, nur selten dagegen auch die Lernleistung betrachtet (ausführlich s. Dillinger, 2003; Olivier, 1991a, 1996). Gerade diese ist jedoch für das sportliche Techniktraining von größerem Interesse.

Es bleibt festzustellen, dass Ende der 80er, Anfang der 90er Jahre eine Welle von Untersuchungen ausgelöst wurde, die sich speziell mit der Problematik von konditionellen Belastungen im Techniktraining auseinander setzten und damit auf die vorherrschende

Lehrmeinung Einfluss nahmen. Im Folgenden werden einige der aktuelleren trainingswissenschaftlichen Experimente zu diesem Themenbereich vorgestellt.

2.3.2 Neuere Befunde zum Einfluss von Belastungen im Techniktraining

Während im ersten Kapitel (2.1) das Augenmerk auf den physiologischen Veränderungen lag, die sich durch konditionelle Belastungen ergeben können, sollen in den folgenden Abschnitten Untersuchungen vorgestellt werden, die sich aus trainingswissenschaftlicher Perspektive mit dem Einfluss konditioneller Belastungen im Techniktraining beschäftigen. Dabei interessieren weniger einfache motorische Handlungen, als vielmehr komplexere sportspezifische Handlungen, wie sie z. B. in Sportspielen auftreten. Zuerst steht im Fokus, unter welchen Konstellationen von Belastungsbedingungen, Aufgabenschwierigkeiten und Fertigkeitsniveaus welche Auswirkungen auf die motorische Leistung zu erwarten sind.

2.3.2.1 Untersuchungen zum Einfluss von Belastungen auf die Ausführungsleistung

Klein und Weber (1987) stellten im Handball eine erhöhte Fehlerhäufigkeit bei komplexen technisch-taktischen Übungsformen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades nach intensiven konditionellen Vorbelastungen (Laktatkonzentration über 8 mmol/l) im Vergleich zu weniger intensiven Vorbelastungen (Laktatkonzentration unter 3 mmol/l) fest. Dabei war die Differenz der Fehlerhäufigkeit zwischen hoher und geringer Belastung bei den technisch anspruchsvolleren Übungen tendenziell größer als bei einfachen Übungen. Das Leistungsniveau der Spieler, das mit dem Vergleich von Oberliga- gegenüber Verbandsliga-Spielern allerdings auch keine besonders große Bandbreite abdeckte, hatte dagegen keinen Einfluss auf die Ergebnisse. Damit sind als Einflussgrößen die Intensität der konditionellen Belastung und als moderierende Variable die Schwierigkeit der Bewegungsaufgabe festzuhalten.

An der Deutschen Sporthochschule Köln wurde bei 43 Fußballspielern der Einfluss kurzzeitiger Maximalbelastungen auf die Ausführungsqualität von drei Technikübungen ermittelt (Gerisch & Rode, 1989; Mücke, Liesen & Hollmann, 1987). Das Fertigkeitenniveau der Spieler wurde über vier Leistungsklassen (Bundesliga, Amateur-Oberliga, Verbandsliga/Landesliga, Bezirksliga/Kreisliga) und zusätzlich über das Kriterium

„starkes“ bzw. „schwaches“ Bein differenziert. Die konditionelle Belastung bestand aus 3 x 10 maximalen Liniensprints über 14 Meter, die bei den Spielern aller Leistungsklassen zu einer metabolischen Azidose (Laktatkonzentrationen über 14 mmol/l) führte. Bei der Testform Torschuss wurde wider Erwarten nach der Belastung eine Verbesserung der Trefferquote sowohl mit dem starken als auch mit dem schwachen Bein erreicht. Beim Wandspiel in ein Zielfeld wurde beim starken Bein eine leichte Verbesserung, beim schwachen Bein hingegen eine deutliche Verschlechterung festgestellt (s. Abb. 7).

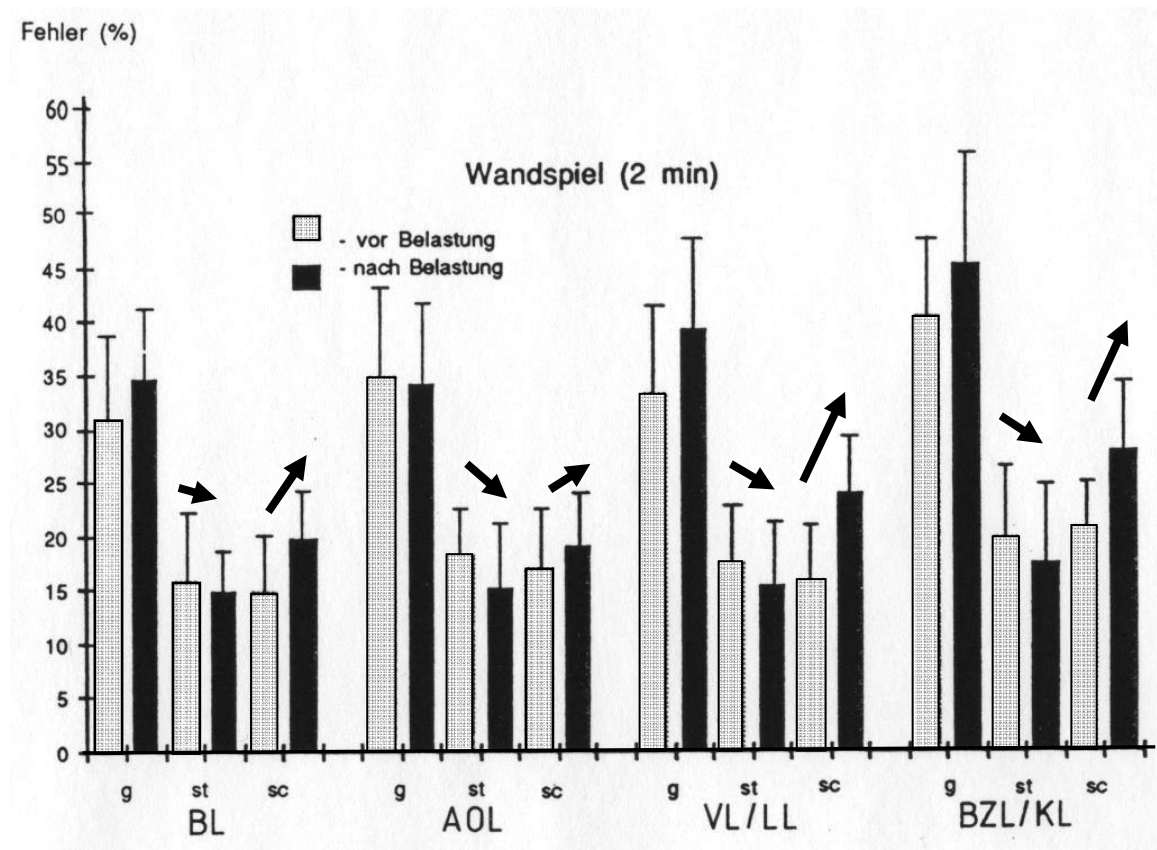


Abb. 7: Prozentuale Fehlerhäufigkeit gesamt (g) und differenziert nach „starkem“ (st) und „schwachem“ (sc) Fuß vor und nach der Sprintbelastung innerhalb der 4 Leistungsklassen Bundesliga (BL), Amateur-Oberliga (AOL), Verbandsliga/Landesliga (VL/LL) und Bezirksliga/Kreisliga (BZL/KL) bei der Technik „Wandspiel“ (nach Gerisch & Rode, 1989; Mücke et al., 1987)

Das Ballhochhalten verschlechterte sich nach der Belastung bei beiden Beinen. Zwischen den Spielern der verschiedenen Leistungsklassen, die im Gegensatz zu der Studie von Klein und Weber (1987) doch eine große Spannweite aufwiesen, waren keine Unterschiede in den belastungsbedingten Verschlechterungen nachzuweisen. Das Unterscheidungsmerkmal bezüglich des Fertigniveaus war vielmehr, ob die Technik mit

dem schwächeren oder mit dem stärkeren Bein ausgeführt wurde. Außerdem verursachte die Art der Aufgabe unterschiedliche Einflüsse auf die Ausführungsleistung.

Willimczik, Sahre, Pachur und Wieling (1991) untersuchten vier sportmotorische Fertigkeiten (Korbleger, Brustpass in Zielfelder, Sprungwurf und tiefes Dribbling) unter verschiedenen Belastungsstufen (bis 2 mmol Laktat, bis 6 mmol, Rekordbedingung) bei 25 Basketballspielern aus der Regional- und Oberliga. Der Technikgesamtwert aus den vier Fertigkeiten nahm von Belastungsstufe 1 zu Belastungsstufe 2 tendenziell ab. Bei der Betrachtung der einzelnen Aufgaben nach dem Schwierigkeitsgrad konnte bei den leichteren Fertigkeiten Korbleger und Brustpass ein Erhalt des Ausführungsniveaus nach Belastungen festgestellt werden, bei den schwierigeren Fertigkeiten Sprungwurf und Dribbling dagegen nicht. Die Vermutung, dass sich bei einem höherem technischen Niveau der Spieler die Ermüdung weniger negativ auswirkt, fand keine Bestätigung. Als weitere Einflussgröße wurde für die leichten Fertigkeiten die Handlungskontrolle ermittelt. Während sich Lageorientierte nach sehr hohen Belastungen verschlechterten, war bei Handlungsorientierten sogar eine leichte Verbesserung zu erkennen.

Saß, Vietinghoff und Stoll (1997) führten eine Felduntersuchung mit 8 Handballspielern und 8 Fußballspielern der Landesklassenebene durch. Als abhängige Variablen wählten sie Übungen unterschiedlicher Komplexität. Die Einzeltechniken waren im Fußball Torschüsse aus 11 Metern und im Handball Sprungwürfe aus 9 Metern Entfernung unter zwei Belastungsvarianten (8 Wiederholungen mit 30 s Pause bzw. 2 x 25 Wiederholungen ohne Pause, Serienpause 2 min). Die Technikkombinationen bestanden aus Slalomdribbling, Doppelpass, Ballmitnahme und Torschuss bzw. Sprungwurf unter drei Belastungsvarianten. Als Spielform wurden 4gegen4-Parteiballspiele (6 x 5 min; 2 min Pause) durchgeführt. Beim Torschuss im Fußball waren keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Trefferquote zwischen den Belastungsvarianten nachweisbar. Bei der Komplexübung wurde der beste Wert bei der Trefferquote in der höchsten Belastungsvariante (2 x 15 Wiederholungen mit 20 s Pause, Serienpause 2 min) erreicht, bei der Handlungsschnelligkeit in der mittleren Belastungsvariante (15 Wiederholungen mit 30 s Pause). Unter mit hohen Laktatazidosen einhergehenden physischen Beanspruchungen wurde beim Torwurf im Handball eine signifikant höhere Trefferquote erzielt als unter der leichten Belastung. Auch bei der Komplexübung im Handball ergaben sich mit zunehmender Belastung Verbesserungen bezüglich der Handlungsschnelligkeit und

-genauigkeit. Bei den Spielformen waren bezüglich der Handlungsgenauigkeit sowohl im Handball als auch im Fußball zwischen den einzelnen Spielperioden nur leicht fallende Tendenzen, jedoch keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Die Einflussgrößen auf die Ausführungsleistung waren in dieser Untersuchung somit die Intensität der Belastung und die Komplexität der Aufgabe, wobei sie sowohl negative als auch positive Auswirkungen hervor brachten. Zu hinterfragen bleibt hier allerdings die Bedeutsamkeit dieser Ergebnisse, da mit der Wahl der Stichprobengröße von jeweils nur 8 Probanden kaum ein Anspruch auf tragfähige Erkenntnisse bestanden haben kann.

Pollmann und Willimczik (2001) führten Studien in drei Sportarten durch, um den Einfluss der Festigkeit und der Schwierigkeit der Technik unter verschiedenen Beanspruchungen zu ermitteln. Sie stellten fest, dass ein mit 3 verschiedenen Intensitäten zu durchlaufender Fußball-Parcours bei Jugendlichen zwar zu geringeren Laktatwerten führte als bei Erwachsenen. Andererseits aber verschlechterte sich ein aus Slalom-Dribbling, Balljonglieren und Torschüssen zusammengesetzter Technikwert unter der höchsten Belastungsstufe nur bei den Jugendlichen. Das Trainingsalter (Jugendliche: 4,1 Jahre; Erwachsene: 16,2 Jahre) kristallisierte sich also als Einflussgröße der Technikausführung heraus. Bezüglich der Aufgabenschwierigkeit erhielten sie uneinheitliche Befunde. Während sich im Tischtennis zwei verschiedenen schwierige Schlagtechniken (Rückhand-Konter und Vorhand-Topspin) bei höherer Beanspruchung (Laktatkonzentration über 7 mmol/l) gleichermaßen verschlechterten, fanden sich im Judo unterschiedliche Werte. Bei dem schwierigeren Körperwurf ging der Technikwert unter höherer Beanspruchung (Laktatkonzentration über 8 mmol/l) stärker zurück als bei dem einfacheren Schulterwurf. Die Aufgabenschwierigkeit kann also durchaus eine Moderatorvariable darstellen.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen nochmals - sehr stark vereinfacht - im Überblick dargestellt. Die Höhe bzw. Intensität der Belastung wurde in allen Studien als Einflussfaktor auf die Ausführungsleistung nachgewiesen. Es ist jedoch festzustellen, dass bei ähnlichen Konstellationen sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Ausführungsleistung vorzufinden waren. Die Schwierigkeit der zu realisierenden Technik stellte in den meisten Fällen eine Moderatorvariable dar. Falls ein Leistungsrückgang unter Belastung vorlag, war dieser bei höheren Aufgabenschwierigkeiten durchgehend größer. Der Beherrschungsgrad der Technik hatte

nur dann einen unterschiedlichen Einfluss auf die Ausführungsleistung unter Belastung, wenn er sehr stark differierte, wie beispielsweise zwischen Jugendlichen mit geringem und Erwachsenen mit hohem Trainingsalter oder bei der Technikausführung mit dem starken gegenüber dem schwachen Bein.

Tab. 4: *Auswirkung verschiedener Variablen auf die Ausführungsleistung*

↑ in der Spalte „Variable“ bedeutet „bei höherer Belastung“ bzw. „bei schwierigerer Aufgabe“
 ↓ in der Spalte „Variable“ bedeutet „bei abnehmendem Niveau“
 →, ↓ bzw. ↑ in der rechten Spalten bedeutet „keine Änderung“, „Leistungsreduktion“ bzw. „Leistungsanstieg“ durch Variablenvariation

Autor	Variable	Einflussgröße	Ausführungsleistung
Klein & Weber (1987)	Belastung (↑) Schwierigkeit (↑) Niveau	ja ja nein	↓ ↓
Mücke et al. (1987); Gerisch & Rode (1989)	Belastung (↑) Niveau - Klasse Niveau - Seitigkeit (↑)	ja nein ja	↓↑ ↓↑
Willimczik et al. (1991)	Belastung (↑) Schwierigkeit (↑) Niveau	ja ja nein	↓ ↓
Saß et al. (1997)	Belastung (↑) Schwierigkeit (↑)	ja ja	→↑↓ →↑↓
Pollmann & Willimczik (2001)	Belastung (↑) Niveau (↓) Schwierigkeit - Judo (↑) Schwierigkeit - Tischtennis	ja ja ja nein	↓ ↓ ↓

2.3.2.2 Untersuchungen zum Einfluss von Belastungen auf die Lernleistung

Im letzten Abschnitt wurden Untersuchungen dargestellt, in denen der Einfluss konditioneller Belastungen auf die *Ausführungsleistung* unter Berücksichtigung von Leistungsniveau und Aufgabenschwierigkeit bzw. -komplexität untersucht wurde. Nun ist es aber für das sportwissenschaftliche Techniktraining noch viel interessanter zu sehen, ob denn nach einem Retentionsintervall, nach dem die Auswirkungen der Belastungen abgeklungen sind, auch die *Lernleistung* beeinflusst wird. Völlig unplausibel erscheint es, dass sich die Lernleistung verschlechtern sollte, wenn sich die Ausführungsleistung unter konditioneller Belastung verbessert. Bisher sind auch keine derartigen Untersuchungsergebnisse bekannt (Olivier, 1991a). In allen Konstellationen der eben vorgestellten Befunde, in denen Leistungssteigerungen gefunden wurden, sind also keine negativen Lernleistungen zu erwarten. Erwartet werden kann allerdings, dass bei schlechterer Performanz unter Belastungsbedingungen auch die Lernleistung abnimmt. Eine weitere,

und bisher oft außer Acht gelassene Möglichkeit ist jedoch auch, dass eine schlechtere Ausführungsleistung trotzdem zu einer besseren oder zumindest gleich guten Lernleistung führen kann (Olivier, 1991a). Deshalb werden an dieser Stelle einige Untersuchungen vorgestellt, die der Frage nachgehen, was mit den Leistungen der unter Belastung Trainierenden geschieht, wenn ihnen eine Erholungspause gegönnt wird.

Eine Reihe von laborexperimentellen Untersuchungen zum Einfluss konditioneller Belastungen auf eine Parameter-Lernaufgabe führte Olivier (1996) mit insgesamt 105 Sport treibenden Erwachsenen (40 Frauen, 65 Männer) durch. Er variierte dabei sowohl die Art der Belastung als auch die zu übende Aufgabe, der Versuchsaufbau blieb jedoch prinzipiell gleich. Zu verschiedenen Messzeitpunkten sollten jeweils vier submaximale vertikale Strecksprünge ohne Armschwung durchgeführt werden. Dabei sollten in der einen Untersuchungsreihe Sprunghöhen von 40 % der individuellen maximalen Sprunghöhe realisiert werden, in der anderen waren 90% der maximalen Sprunghöhe anzusteuern. Vor dem ersten Messzeitpunkt (A: Ausgangsniveau) fand keine Belastung statt, den folgenden drei Optimierungsserien (O1-O3) wurden unterschiedliche Belastungen vorgeschaltet. Darauf folgte eine Serie ohne Rückmeldung der erzielten Ergebnisse (KR-T: KR-Transfer), eine Serie mit veränderter Aufgabenstellung (AT: Aufgabentransfer) und nach 10 Minuten Pause eine Serie zum Überprüfen der Behaltensleistung (B). Zuletzt wurde noch eine Serie unter Belastungsbedingungen absolviert (BT: Belastungstransfer).

Im ersten Experiment wurden die Versuchspersonen auf einem Handkurbelergometer belastet. Vor der ersten Optimierungsserie bestand die Belastung aus einer sechsminütigen Belastung bei 95% der Stufentest-Maximalleistung, vor der zweiten und dritten Optimierungsserie aus einer einminütigen Belastung bei 150% der Stufentest-Maximalleistung. Dies führte zu einer Erhöhung des allgemeinen zentralnervösen Aktivierungsniveaus, nicht jedoch zu einer Reduzierung des Schnellkraftniveaus der Muskelgruppen, die für das Absolvieren der motorischen Aufgabe benötigt wurden. Bei beiden Lernaufgaben waren zu keinem Messzeitpunkt Unterschiede zwischen der Versuchsgruppe und einer Kontrollgruppe, die das gleiche Protokoll ohne Vorbelastung vor den Optimierungsserien absolvierte, festzustellen. Erwartungsgemäß waren also weder die Ausführungs- noch die Lernleistung von der intensiven Belastung einer nicht aufgabenspezifischen Muskelgruppe beeinflusst.

In einem zweiten Experiment wurde das Handkurbelergometer durch ein Fahrradergometer ersetzt. Dadurch wurde nun das Schnellkraftniveau der für die Bewegungsausführung relevanten Muskelgruppe reduziert. Die Aufgabe, 40% der maximalen Sprunghöhe zu realisieren, wurde trotz dieser enormen Beanspruchung von der Versuchsgruppe wiederum zu jedem Messzeitpunkt ebenso gut gemeistert wie von der Kontrollgruppe. Obwohl die Probanden der Versuchsgruppe bei der 90%-Aufgabe nicht mehr in der Lage waren, nach der Belastung die geforderte Höhe zu springen, gelang ihnen das nach der Pause und in den Transferaufgaben wieder genauso gut wie der Kontrollgruppe (s. Abb. 8).

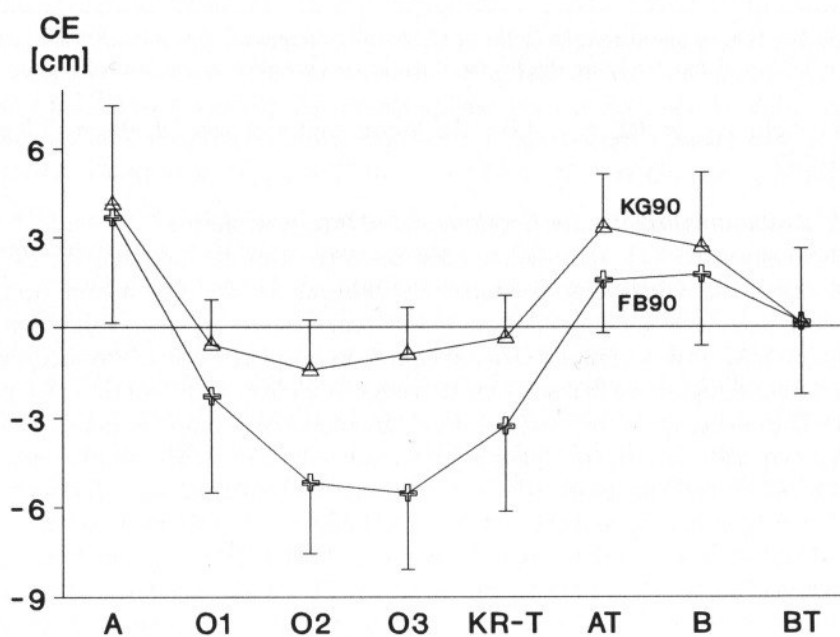


Abb. 8: Verlauf der Abweichung (CE) von der geforderten Sprunghöhe der Versuchsgruppe (FB90) und der Kontrollgruppe (KG90) zu den verschiedenen Messzeitpunkten (s. Text) (Olivier, 1996)

Die verminderte Ausführungsleistung führte also nicht zu einer schlechteren Lernleistung. Bei der Ausführung der Sprünge unter den Belastungsbedingungen, unter denen die Versuchsgruppe trainiert hatte (BT), erreichte die Kontrollgruppe gleich gute Werte wie die Belastungsgruppe (s. Abb. 8). Das spezifische Training hatte folglich keine Vorteile gebracht.

In einem anschließenden Feldexperiment sollten diese Ergebnisse für die Praxis validiert werden (Dillinger, 1997; zit. nach Olivier et al., 2001). 18 Leichtathleten eines Landes-Nachwuchskaders sollten die Tiefstarttechnik trainieren. Dazu wurden drei Anzeignungsreihen mit 5m-Sprints aus dem Tiefstart durchgeführt. Die Versuchsgruppe

führte vor den Aneignungsserien Hock-Streck-Sprünge bis zur Erschöpfung durch. Neben einer KR-Transfer-Aufgabe folgten noch Behaltenstests nach 10 Minuten und nach einer Woche. Die Versuchsgruppe wies zwar gegenüber der Kontrollgruppe eine schlechtere Aneignungsleistung der 5m-Sprint-Zeit auf. Die Lernleistung (signifikante Verbesserung) zum zweiten Behaltenstest nach einer Woche unterschied sich jedoch wieder nicht zwischen den Gruppen. Die Übertragung der laborexperimentellen Befunde in die Praxis ist anhand dieser motorischen Aufgabe gelungen.

Dillinger (2003) führte noch eine weitere Untersuchung zum Einfluss verschiedener konditioneller Belastungen auf die Lernleistung einer motorischen Aufgabe mit 40 Sport treibenden Erwachsenen (21 Frauen, 19 Männer) durch. Die Aufgabe bestand diesmal aus einem virtuellen Dartwurf, bei dem der Unterarm des Werfers auf einem Metallhebel fixiert wurde, an dessen Ende ein Metallkontakt mit dem Zeigefinger im Moment des Abwurfs gelöst werden konnte. Anhand von Abwurfwinkel und -geschwindigkeit in diesem Moment wurde die Flugkurve und der virtuelle Treffpunkt auf der Dartscheibe per Computersimulation berechnet. In der Aneignungsphase wurden 5 Wurfblöcke unter unterschiedlichen Belastungen durchgeführt. Eine Gruppe absolvierte vor jedem Wurfblock erschöpfende Belastungen auf dem Fahrradergometer, eine Gruppe auf dem Handkurbelergometer. Eine weitere Gruppe absolvierte ein erschöpfendes Hanteltraining des m. triceps brachii, die Kontrollgruppe unterzog sich keiner Belastung. An einem weiteren Termin wurden zwei Wurfblöcke unbelastet (Behaltenstest) und drei Wurfblöcke unter der Handkurbel- bzw. Hantelbelastung (Belastungstransfertest) durchgeführt. Die Trefferleistung der auf dem Fahrradergometer belasteten Gruppe unterschied sich gegenüber der unbelasteten Gruppe weder während der Aneignungsphase noch zum Behaltenstest. In Übereinstimmung mit den Befunden von Olivier (1996) zeigte sich also, dass die konditionellen Belastungen, die nur das allgemeine zentralnervöse Aktivierungsniveau erhöhten, nicht jedoch die aufgabenspezifische Muskulatur beanspruchten, weder die Aneignungs- noch die Lernleistung beeinflussten. Die Hantelbelastung führte zu einer tendenziell schlechteren Aneignungsleistung, die Lernleistung war allerdings in keiner Weise beeinträchtigt. Die auf dem Handkurbelergometer belastete Gruppe wies zwar in den Aneignungsblöcken eine signifikant reduzierte Trefferleistung auf. Jedoch war auch hier kein Leistungsunterschied zwischen den Gruppen zum Behaltenstermin festzustellen. Somit war trotz reduzierter Aneignungsleistung die

Lernleistung nicht beeinträchtigt. Auch in dieser Untersuchung führte das Absolvieren der Aneignungsphase unter den neuromuskulären Beanspruchungseffekten der Handkurbel- und Hantelbelastungen nicht zu Vorteilen gegenüber der Kontrollgruppe, als die gleiche Bewegung zu einem späteren Zeitpunkt gerade unter solchen Effekten reproduziert werden sollte.

Diese Frage nach den Belastungstransfereffekten ist jedoch gerade in der sportlichen Realität von großem Interesse. Ist es für die Anwendung der Technik im Wettkampf vorteilhaft, wenn das Techniktraining unter wettkampfspezifischen Belastungsbedingungen durchgeführt wird? Unter diesem Aspekt führten Arnett, DeLuccia und Gilmar-tin (2000) eine Studie durch. Sie wollten eruieren, ob die Forderung von Magill (1998a), dass Techniktraining in einer wettkampfähnlichen Trainingsumgebung stattfinden soll, auch bezüglich der konditionellen Belastungen gilt. Die motorische Aufgabe bestand im sog. Bachman-Leiter-Test, bei dem möglichst viele Stufen auf einer frei stehenden Leiter hochgeklettert werden müssen. 44 Studenten übten die Aufgabe in 12 Aneignungsblöcken mit je 3 Versuchen. Den Blöcken ging jeweils eine einminütige Fahrradergometerbelastung (70%) voraus. Die Experimentalgruppe musste immer sofort im Anschluss auf die Leiter, die Kontrollgruppe hatte vor jedem Übungsblock eine Pause von einer Minute. Die Aneignungsleistung der Kontrollgruppe war über alle 12 Blöcke signifikant besser als die der Experimentalgruppe. Am nächsten Versuchstag mussten beide Gruppen die Aufgabe unter den anaeroben Belastungsbedingungen der Experimentalgruppe durchführen. Diese Transferleistung unterschied sich zwischen den beiden Gruppen nicht. Bei gesonderter Betrachtung der Ergebnisse von Männern und Frauen ergaben sich jedoch Differenzen. Die unter Belastung trainierenden Männer erzielten in der Transferaufgabe unter Belastung bessere Leistungen als die unter Ruhe Trainierenden, bei den Frauen war es genau umgekehrt. Die Forderung nach einer wettkampftypischen Belastung im Techniktraining wurde also in dieser Untersuchung für Männer gestützt, für Frauen nicht. Der einzige angebotene Erklärungsansatz hierfür bestand in den möglicherweise unterschiedlichen motorischen Vorerfahrungen der getesteten Männer und Frauen.

Betrachtet man die Befunde nochmals zusammenfassend (s. Tab. 5), so stellt man fest, dass bei keiner Untersuchung eine verminderte Lernleistung vorzufinden war, auch wenn die konditionellen Belastungen bis zur Erschöpfung durchgeführt wurden und zu

einer verminderten Aneignungsleistung geführt hatten. Allerdings wurde bei keiner der vorliegenden Studien das Lernniveau der Probanden variiert, das sich bei den Untersuchungen zur Ausführungsleistung zumindest bei großen Differenzen als Einflussgröße herausgestellt hatte. Außerdem liegt keine Untersuchung zu einer komplexen Bewegungsaufgabe in einer typischen sportpraktischen Trainingsumgebung vor. Eine Generalisierbarkeit von Befunden zum Lernen von einfachen motorischen Aufgaben auf komplexe Fertigkeiten kann jedoch nicht vorausgesetzt werden (Wulf & Shea, 2002). Eine Überprüfung der Praxisrelevanz der vorliegenden Befunde steht also noch aus.

Tab. 5: *Auswirkung konditioneller Belastungen auf die Lernleistung und auf Transferaufgaben*

↑ in der Spalte „Variable“ bedeutet „bei ansteigender Belastung“

→, ↓ bzw. ↑ in den beiden rechten Spalten bedeutet „keine Änderung“, „Leistungsreduktion“ bzw. „Leistungsanstieg“ durch Variablenvariation

Autor	Variable	Ausführungsleistung	Lernleistung (LL)/ Belastungstransfer (BT)
Olivier (1996)	Bel. unspezif. Muskelgr. (↑):	→	LL →
	40%-Aufgabe	→	LL →
	90%-Aufgabe		
	Bel. spezif. Muskelgr. (↑):	→	LL →; BT →
	40%-Aufgabe	↓	LL →; BT →
	90%-Aufgabe		
Dillinger (1997)	Belastung (↑)	↓	LL →
Dillinger (2003)	Bel. unspezif. Muskelgr. (↑)	→	LL →; BT →
	Bel. spezif. Muskelgr. (↑)	↓	LL →; BT →
Arnett (2000)	Belastung (↑)	↓	BT →
	Belastung - Männer (↑)	↓	BT ↑
	Belastung - Frauen (↑)	↓	BT ↓

Ebenso ist zu konstatieren, dass, abgesehen von den kaum zu erklärenden Unterschieden zwischen Männern und Frauen im Experiment von Arnett et al. (2000), in keiner der Studien das Absolvieren der Technik unter konditionellen Belastungen gegenüber unbelastet durchgeführtem Techniktraining Vorteile gebracht hat, wenn die Technik später unter genau diesen Belastungsbedingungen auszuführen war. Die Spezifitätshypothese der Motorikforschung scheint für die Belastungsgestaltung im Techniktraining also nicht bedeutsam zu sein.

Grundsätzlich wurden bislang wenige Versuche unternommen, die Befunde zur *Belastungswirkung auf den Lernprozess* entsprechenden motorischen Theorien zuzuordnen. Olivier (1996) spekulierte darüber, ob der neuromuskuläre Funktionszustand möglicherweise einen Parameter der Ausgangsbedingungen darstellt, die im Sinne der GMP-

Theorie bei der adäquaten Programmgenerierung für die Bewegungsausführung berücksichtigt werden. Wäre das nicht der Fall, so würde für unterschiedliche Belastungsbedingungen ein anderes neuromotorisches Koordinationsmuster für die Kontrolle benötigt (Arnett et al., 2000). Augste (2001) variierte in einem Erkundungsexperiment mit einer sehr kleinen Stichprobe ($n=3$) den neuromuskulären Funktionszustand durch unterschiedliche fahrradergometrische Belastungen und prüfte, ob für Counter Movement Jumps (CMJ), die in unmittelbarem Anschluss an die Belastung ausgeführt wurden, ein generalisiertes motorisches Programm nachzuweisen sei. Bei sechs verschiedenen Belastungsstufen konnten weder Sequenzierung, noch relative Kraft oder relatives Timing als invariant identifiziert werden. Dies könnte als erstes Indiz dafür interpretiert werden, dass entweder für unterschiedliche neuromuskuläre Funktionszustände verschiedene GMPs benötigt werden. Dem würde allerdings widersprechen, dass in den vorliegenden Untersuchungen die Übertragung von nicht ermüdeten auf ermüdete Bedingungen gut gelang. Oder es könnte, entsprechend den alternativen motorischen Kontrolltheorien (s. 2.2.3.1), gefolgert werden, dass die GMP-Theorie keinen hinreichenden Erklärungsansatz für derartige Bewegungen darstellt.

2.4 Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands zum Techniktraining unter konditionellen Belastungen

Die Befunde der eben dargestellten Untersuchungen wie auch die ihnen vorangegangenen theoretischen Überlegungen zeigen, dass es keinen Sinn macht, pauschale Empfehlungen für die Belastungsgestaltung im Techniktraining abzugeben. Vielmehr gibt es verschiedene Faktoren und Konstellationen, die die Auswirkungen der Belastungen im Techniktraining mitbestimmen. Diese werden im Folgenden zusammengefasst. Im letzten Abschnitt werden dann die unter 2.3.1 vorgestellten Aussagen um die den aktuellen Forschungsstand repräsentierenden Empfehlungen zur Belastungsgestaltung im Techniktraining ergänzt.

2.4.1 Einflussfaktoren auf die Leistungsveränderungen unter Belastung

Betrachtet man die Vielzahl an Untersuchungen, die sich mit dem Einfluss konditioneller Belastungen auf die Veränderung der motorischen Leistung beschäftigt haben, so stellt man fest, dass sich grundsätzlich Befunde für die ganze Palette von negativen bis

zu positiven Einflüssen finden lassen, die nicht zuletzt aufgrund einer vielfältigen Variation experimenteller Bedingungen zustande kamen. Einen theoretischen Ansatz zur Systematisierung der Einflussfaktoren lieferte Olivier (1996) mit dem „Drei-Faktoren-Modell“. Dieses inzwischen etwas modifizierte Modell (Dillinger, 2003; Olivier et al., 2001; Olivier & Dillinger, 2003) (s. Abb. 9) macht drei Faktoren für den Einfluss konditioneller Belastungen auf die technische Bewegungsausführung verantwortlich: 1. zentralnervöse Beanspruchungen, 2. neuromuskuläre Beanspruchungen und 3. die motorische Aufgabe.

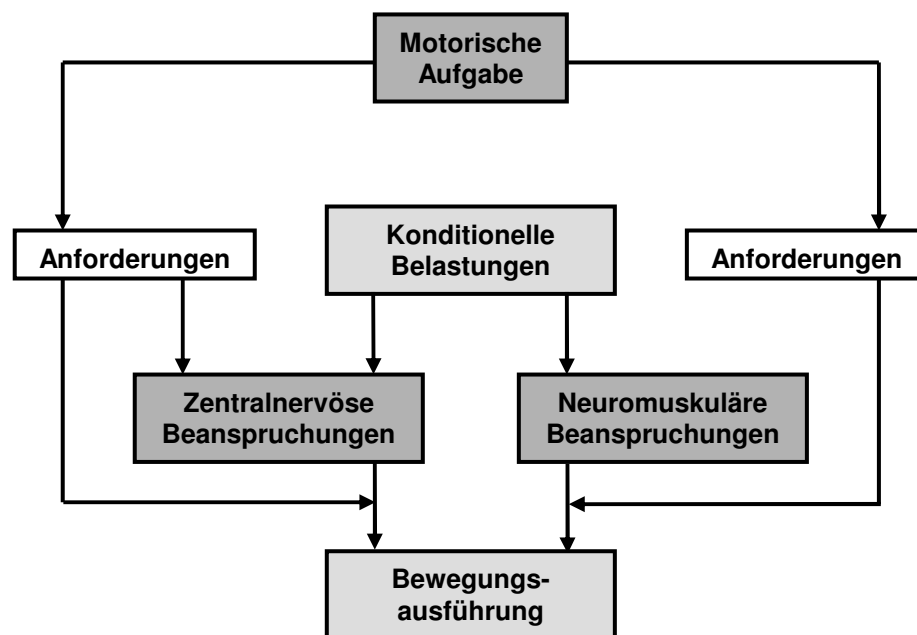


Abb. 9: Schematische Darstellung des Drei-Faktoren-Modells zum Einfluss konditioneller Belastungen auf die Bewegungsausführung (Olivier et al., 2001)

Die konditionellen Belastungen führen, wie in Kapitel 2.1 ausführlich beschrieben wurde, in Abhängigkeit von Art, Dauer und Intensität der Belastung zu zentralnervösen und neuromuskulären Veränderungen. Dass diese Veränderungen nicht immer mit „Ermüdung“, gleich zu setzen sind, wurde an anderer Stelle bereits hinreichend diskutiert¹ (Dillinger, 2003; Olivier, 1996; Olivier et al., 2001).

¹ Aufgrund der unterschiedlich verlaufenden Veränderungen verschiedener leistungsrelevanter Komponenten ist der relativ allgemeine Begriff „Ermüdung“, engl. „fatigue“, für wissenschaftliche Zwecke zu undifferenziert und hat sich in der Sportwissenschaft nicht durchgesetzt, obwohl er in der Praxis aufgrund der Anschaulichkeit durchaus nützlich ist und häufig verwendet wird.

Vielmehr ist hier das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept heranzuziehen, das davon ausgeht, dass die Belastungen, die von außen auf den Körper einwirken, je nach individuellen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten in unterschiedlichen physischen und psychischen Reaktionen, den „Beanspruchungen“, resultieren (ausführlich s. Dillinger, 2003; Olivier, 1996).

Auf der Belastungsseite wird dabei noch weiter differenziert zwischen den Aufgaben- und Situationsanforderungen und den daraus resultierenden unterschiedlichen Belastungsarten, die z. B. konditioneller oder informatorischer Natur sein können. Ebenso ist die Intensität, Dauer und zeitliche Abfolge der Belastung zu berücksichtigen. Die physiologischen Beanspruchungen, die durch Belastungen hervorgerufen werden können, wurden bereits in Kapitel 2.1 ausführlich beschrieben. Zu beachten sind ferner Beanspruchungen weiterer Teilkomponenten wie z. B. des Skelettsystems und des Herzkreislauf-Systems. Inwiefern sich diese Beanspruchungen auf die Bewegungsausführung auswirken, hängt nun gemäß dieses Konzepts davon ab, welche spezifischen Anforderungen die motorische Aufgabe unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen an die zentralnervösen und neuromuskulären Teilsysteme stellt. Wie aus zahlreichen Untersuchungsergebnissen hervorgeht, scheinen dabei aus trainingswissenschaftlicher Sicht die neuromuskulären Beanspruchungen eine weitaus größere Bedeutung auf die Bewegungsausführung zu haben als die zentralnervösen Beanspruchungen (Büsch, 1994; Dillinger, 2003; Olivier, 1996; Wiemeyer & Büsch, 1992). Zentralnervöse Teilsysteme werden durch die meisten im Trainingsalltag auftretenden konditionellen Belastungen sogar eher positiv beeinflusst (z. B. erhöhte Hirndurchblutung, erhöhtes AZAN), wodurch keine negativen Auswirkungen auf die Leistung zu erwarten sind. Verändert sich dagegen auf muskulärer Ebene der Zustand der Energieressourcen und reduziert sich als neuromuskuläre Beanspruchungsgröße das Schnellkraftniveau der Muskelgruppen, die zur Lösung der Bewegungsaufgabe benötigt werden, so ist durchaus mit einer schlechteren Bewegungsausführung zu rechnen. Wenn die konditionellen Belastungen dagegen andere Muskelgruppen beanspruchen als die motorische Aufgabe, treten keinerlei Beeinflussungen von Ausführungs- bzw. Lernleistungen auf.

Dieses Modell bietet somit einen Erklärungsansatz dafür, dass konditionelle Belastungen die motorische Leistung hauptsächlich dann negativ beeinflussen, wenn die Aufgabe Anforderungen an genau die Muskeln stellt, die durch die Belastungen stark bean-

sprucht wurden. Dabei werden allerdings ausschließlich konditionelle bzw. energetische Aufgabenanforderungen beschrieben. Andere recht einflussreiche Aspekte, wie z. B. die Aufgabenschwierigkeit und das Lernstadium des Trainierenden, werden in diesem Modell nicht integriert und werden deshalb noch gesondert betrachtet.

In den letzten Abschnitten wurden hauptsächlich Untersuchungen zu komplexen, sporttypischen Bewegungsaufgaben vorgestellt und bewusst Experimente aus der Motorikforschung zu simplen motorischen Übungen ausgeklammert. Dies erfolgte aufgrund der Bedeutsamkeit für die Trainingswissenschaft, legt aber gleichzeitig nahe, dass die Komplexität der im Techniktraining zu bewältigenden Aufgabe ein Einflussfaktor für die Wirkung konditioneller Belastungsbedingungen sein kann. In den vorgestellten Untersuchungen wurde ein breites Komplexitätsspektrum von einfachen Parameterlernaufgaben (z. B. Vertikalsprünge mit vorgegebener Flughöhe) bis zu diffizilen Technikübungen (z. B. Sprungwurf im Basketball) herangezogen. Manche Autoren setzten den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe bewusst als unabhängige Variable ein (z. B. Pollmann & Willimczik, 2001). Dies führte in vielen, wenn auch nicht in allen Fällen zu einer Abhängigkeit der Belastungswirkung auf die motorische Ausführung. Von der Tendenz her ist dabei eher mit negativen Einflüssen zu rechnen, wenn es sich um schwierige Aufgaben handelt.

Der Könnensstand der Trainierenden bezüglich der Lernaufgabe bewirkte nur dann unterschiedliche Effekte auf die Ausführungsleistung unter konditionellen Belastungen, wenn er stark differierte, wie z. B. beim Vergleich Jugendlicher mit geringem Trainingsalter gegenüber Erwachsenen mit hohem Trainingsalter. Leider liegt aktuell keine Untersuchung vor, die in Bezug auf die Lernleistung das Fertigniveau der Probanden variiert. Das ist etwas verwunderlich, da in der theoretischen Diskussion von einigen Autoren gerade für Anfänger eine andere belastungsmäßige Vorgehensweise im Techniktraining gefordert wird als für Trainierende in der zweiten und dritten Lernphase (Schnabel, 1998).

Zusammenfassend lassen sich also folgende Einflussfaktoren auf die Bewegungsausführung unter konditioneller Belastung ausmachen:

- die Belastung an sich (Art, Dauer, Intensität, Pausengestaltung, ...) und v. a. die daraus resultierenden individuellen Beanspruchungen,
- die motorische Lernaufgabe (Schwierigkeitsgrad, konditionelle Komponente),

- das Fertigniveauniveau des Trainierenden (Anfänger, Fortgeschrittener, Experte).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass verschiedenste Konstellationen aus diesen Einflussfaktoren im Techniktraining möglich sind. Somit muss auch mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die motorische Leistung gerechnet werden. Damit ist jedoch noch keine klare Voraussage der Lernleistung möglich. Wenn die Übenden im Techniktraining trotz hoher Beanspruchungen keine Einschränkungen bei der Bewegungsausführung erkennen lassen, so ist grundsätzlich nicht damit zu rechnen, dass darunter die Lernleistung leidet. Kann die Technik dagegen nicht optimal ausgeführt werden, können in Abhängigkeit des Zusammenwirkens der oben genannten Einflussfaktoren negative Auswirkungen auf die Lernleistung auftreten. Es ist aber auch möglich, dass es sich nur um temporäre Effekte handelt und die Lernleistung nach einer Erholungspause nicht oder sogar positiv beeinflusst wird. Unter den bisher vorliegenden experimentellen Konstellationen der Einflussfaktoren wurden weder positive noch negative Auswirkungen der konditionellen Belastungen auf die Lernleistung gefunden.

2.4.2 Aktuelle Empfehlungen zur Belastungsgestaltung im Techniktraining

Die Auseinandersetzung mit den dargestellten Befunden führte größtenteils dazu, dass bisher tradierte Lehrmeinungen überdacht und teilweise modifiziert wurden. Völlig unbeeindruckt von den aktuellen Entwicklungen zeigt sich dagegen beispielsweise Wein-eck (2004), der weiterhin fordert: „Das technische Training sollte in erholtem Zustand erfolgen; die Zahl der Übungswiederholungen hat sich den konditionellen Voraussetzungen bzw. der Konzentrationsfähigkeit anzupassen: Ein ermüdetes ZNS erlaubt keine optimale Koordination“ (S. 601).

Andere Trainingswissenschaftler greifen jedoch die theoretischen Überlegungen und praktischen Befunde auf und gelangen so zu differenzierteren Aussagen bezüglich der Belastungsgestaltung im Techniktraining. Hohmann et al. (2002) machen die Abschirmung der Technik gegen konditionelle Belastungen sogar explizit zu einem Trainingsziel, das mit zunehmendem Fertigniveauniveau eine immer größere Bedeutung gewinnt. So wird dann auch bei der Empfehlung für das Training zur Stabilisierung von bereits automatisierten Fertigkeiten gegenüber äußeren und inneren Störungen auf die Erkenntnisse von Olivier (1996) verwiesen und eine Kombination mit Konditionstraining unter den entsprechenden Ermüdungsbedingungen vorgeschlagen (s. a. Neumaier, 1997). Für

das Neulernen plädieren allerdings auch sie für Ruhebedingungen, da „nur auf einem optimalen Erregungsniveau [...] der Aufbau eines hochwertigen sensomotorischen Zusammenspiels der Muskelgruppen und die optimale Informationsaufnahme und -verarbeitung im Ablauf einer technisch-taktischen Handlung möglich“ ist (Hohmann et al., 2002, S. 176). Dieser Argumentation kann aufgrund der vorliegenden Befunde nicht uneingeschränkt gefolgt werden, da das Erregungsniveau durch konditionelle Belastungen meistens sogar als erhöht vorgefunden wurde (vgl. 2.3.2.1). Neumaier (1997, 1999) greift hier die jüngeren Erkenntnisse auf und meldet selbst für den Neuerwerb von sportlichen Techniken Zweifel an, ob „ein möglichst ermüdungsfreier, insbesondere konditionell unbelasteter Zustand immer optimal für den Lernerfolg ist“ (Neumaier, 1997, S. 216). Mögliche Erklärungsansätze dieser in praktischen Bewährungssituationen noch nicht bestätigten Erkenntnisse könnten die von Pöhlmann (1986) beschriebenen begünstigenden Begleiterscheinungen ermüdender Belastungen wie z. B. der erhöhte Erregungszustand, die präzisere Selbsteinschätzung oder die intra-individuelle Abnahme der Streuung von Bewegungsparametern darstellen, die neben den vielen negativen Veränderungen (s. 2.1) auftreten. Einen weiteren, auf dem ökologisch-dynamischen Ansatz beruhenden Erklärungsansatz bietet Pesce (2003), die darauf verweist, dass die vom Organismus ausgehende Ausführungsvariabilität durch ein verändertes Aktivierungsniveau bzw. durch Ermüdung nützlich ist, da sie zum Prozess der Lösungssuche gehört. Neumaier (1997) setzt allerdings selbst innerhalb des Technikerwerbstrainings auf eine differenzierte Betrachtung. Da die durch die Belastung induzierte individuelle Beanspruchung eine wichtige Einflussgröße ist, kommt der richtigen Belastungsdosierung bei der Planung des Techniktrainings eine wichtige Funktion zu. Während intensive, aber kurze Schnellkraftübungen vor dem Technikerwerbstraining durchaus zu verkraften sind, so sollten hohe metabolische Azidosen und extreme anaerobe alaktazide Energieumsätze unmittelbar vor technischem Neulernen vermieden werden. Nach Neumaier (1997, S. 218) sind „negative Lerneffekte durch eine fortschreitende Ermüdung [...] spätestens dann zu erwarten, wenn die Technikausführung nicht mehr dem Sollwert entsprechend gelingt“. Auch Olivier et al. (2001) betonen, dass die strukturell richtige Bewegungsausführung beim Neulernen durch konditionelle Belastungen nicht gestört werden sollte. Dies wird neurophysiologisch damit begründet, dass die große Anzahl miss-

lungener Bewegungsversuche die für die korrekte Technikausführung notwendigen synaptischen Bahnungen stört.

Wenngleich einige Autoren aktueller trainingswissenschaftlicher Literatur das Thema der Belastungsgestaltung im Techniktraining entweder ganz meiden oder relativ pauschal abhandeln, so setzen sich doch andere Autoren diverser einschlägiger Werke mit vielen der Aspekte, die experimentell evaluiert wurden, detailliert auseinander. Dabei sind sich die Wortführer der heutigen Trainingswissenschaft weitgehend einig darüber, dass in fortgeschrittenem Lernstadium der gezielte Einsatz konditioneller Belastungen im Techniktraining durchaus positive Effekte mit sich bringen kann (u. a. Hohmann et al., 2002; Neumaier, 1997; Olivier, 1996; Schnabel, 1998). Für das absolute Neulernen sind jedoch, nicht zuletzt aufgrund der dürftigen Befundlage (vgl. 2.3.2.2), immer noch unterschiedliche Meinungen anzutreffen.

3 Forschungsdefizit und -hypothesen

Dass zur Belastungsgestaltung im Techniktraining noch dringender Forschungsbedarf besteht, dürfte aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich hervorgegangen sein und wird auch von vielen Trainingswissenschaftlern eingeräumt. Ein häufig genanntes Problem besteht demnach darin, dass viele der Untersuchungen im Labor stattgefunden haben. Zur Erweiterung des Geltungsbereiches dieser Befunde werden hier anwendungsorientierte Feldexperimente gefordert, in denen die sportartübergreifenden Aussagen sportartspezifisch und vor allem im trainingsnahen Kontext unter den praxisimmanenten situativen und organisatorischen Bedingungen geprüft werden sollen (Büsch, 1994; Daus et al., 1996; Olivier, 1996; Olivier et al., 2001; Saß, 1995; Saß et al., 1997). Auch wenn Feldstudien mit zahlreichen methodischen Problemen verbunden sind, weil z. B. die Variablen nicht so leicht zu kontrollieren sind wie in der Laborforschung, so wird trotzdem gerade in der Trainingswissenschaft nach Feldstudien verlangt, da sie aufgrund ihrer hohen externen Validität doch einen wichtigen Beitrag zur Implementierung der Schlussfolgerungen aus der Grundlagenforschung in das alltägliche Trainingsgeschehen leisten (Landin & Hebert, 1997; Noakes, 2000). Eng mit dem Problem Feldbedingungen versus Laborbedingungen verbunden ist der Aspekt der Aufgabenkomplexität. Obwohl im Sport größtenteils recht komplexe Bewegungen von Interesse sind, wurden bei den Laborexperimenten häufig nur sehr einfache motorische Lernaufgaben eingesetzt² (s. 2.3.2.2). Zu schwierigen Bewegungstechniken liegen zwar v. a. in den Sportspielen eine Reihe von feldexperimentellen Untersuchungen vor, diese beschäftigten sich jedoch leider nur mit dem Einfluss konditioneller Belastungen auf die Ausführungs-, nicht aber auf die Lernleistung (s. 2.3.2.1). Es wurde bereits erwähnt, dass in den wenigen Untersuchungen zur Lernleistung nicht nach dem Leistungsstand der Trainierenden differenziert wurde, obwohl dieser sich bei den Untersuchungen zur Bewegungsausführung unter konditionellen Belastungen als Einflussfaktor zeigte. Dementsprechend ist also für zukünftige Experimente eine Variation der Lernstadien gefragt (Saß et al., 1997). Dabei sollte vor allem der Anfängerbereich abgedeckt werden. Zum einen fehlen grundsätzlich Untersuchungen zu Trainingsplänen für Kinder (Landin &

Hebert, 1997), zum anderen sind gerade für das Neulernen unter konditionellen Belastungen in der Trainingslehre und -praxis die größten Unsicherheiten vorzufinden (s. 2.4.2).

Diese Forschungslücken zusammenfassend sind also *sportartspezifische Feldexperimente* unter praxisnahen Bedingungen gefordert, bei denen die Auswirkungen *konditioneller Belastungen* auf die *Lernleistung* einer *komplexen sporttechnischen Aufgabe* bei Trainierenden *unterschiedlicher Lernstadien*, vor allem bei Anfängern, untersucht werden sollen.

Ein solches Experiment wurde in der vorliegenden Arbeit durchgeführt, um damit hauptsächlich zu prüfen, ob das Neulernen einer komplexen Bewegungstechnik durch ermüdende konditionelle Belastungen negativ beeinflusst wird, wie es praktische Erfahrungen und theoretische Überlegungen suggerieren, oder ob die im Labor gewonnenen gegenteiligen Erkenntnisse in die Praxis übertragen werden können. Nach Abwägung der Argumente beider Positionen wurde beschlossen, den neurophysiologischen Begründungen eines negativen Einflusses konditioneller Belastungen auf motorische Lernprozesse zu folgen. Somit ergab sich die erste allgemeine Forschungshypothese:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer **neuen** komplexen Bewegungstechnik wirkt sich negativ auf die Lernleistung aus.*

Soll die erlernte Bewegungstechnik unter Belastung realisiert werden, so ist gemäß der Spezifitätshypothese, nicht jedoch nach den bislang vorliegenden Befunden (vgl. 2.3.2.2), zu erwarten, dass die Lernleistung der unter genau diesen Belastungsbedingungen Trainierenden besser ist als der unter Ruhe Trainierenden. Da es bisher keine plausiblen Erklärungen dafür gibt, dass die Spezifitätshypothese für konditionelle Belastungen nicht gelten sollte, wird somit als zweite allgemeine Forschungshypothese formuliert:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer **neuen** komplexen Bewegungstechnik verbessert die Lernleistung, wenn die Bewegung **unter Belastungsbedingungen** ausgeführt werden muss.*

² Selbst in der psychologisch orientierten Forschung zum motorischen Lernen wird inzwischen die Untersuchung komplexerer Aufgaben dringend angeraten (Wulf & Shea, 2002).

Für ein fortgeschrittenes Lernstadium wird in der aktuellen Diskussion eher ein positiver als ein negativer Einfluss konditioneller Belastungen im Techniktraining erwartet. Als Begründung wird die Variabilitätshypothese beim Bewegungslernen angeführt. Dies führt zur dritten allgemeinen Forschungshypothese:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik verbessert die Lernleistung **bei Fortgeschrittenen**.*

Wie bei den Anfängern, wird auch bei den Fortgeschrittenen erwartet, dass sie die Technik unter Belastung besser ausführen können, wenn sie die Bewegung unter genau diesen Bedingungen trainiert haben. Deswegen lautet die vierte Hypothese:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik verbessert die Lernleistung **bei Fortgeschrittenen**, wenn die Bewegung **unter Belastungsbedingungen** ausgeführt werden muss.*

Neben diesen Haupthypothesen sollte noch zwei weiteren Aspekten, über die in diesem Zusammenhang noch sehr wenig geforscht wurde, nachgegangen werden. Dies bezieht sich zum einen darauf, ob sich das Trainieren unter Belastungsbedingungen in irgendeiner Art und Weise auf die Ausführung einer anderen Bewegungstechnik auswirkt. Die einzigen dazu vorliegenden Untersuchungen, die sich auf Parameter-Lernaufgaben bezogen, zeigten hier keine Unterschiede (Olivier, 1996). Somit lautet die letzte allgemeine Forschungshypothese:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik hat keinen Einfluss auf die Ausführung einer **anderen Bewegungstechnik**.*

Der andere zweitrangige Aspekt betrifft die überdauernde Behaltensleistung der im Training geübten Technik. Es sollte herausgefunden werden, ob die konditionellen Belastungen beim Neulernen einen längerfristigen Einfluss auf die Behaltensleistung haben. Hier wird davon ausgegangen, dass sich keine Änderungen gegenüber der Lernleistung ergeben:

*Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik hat keinen Einfluss auf die **Behaltensleistung**.*

4 Methodik

In diesem Kapitel wird die Untersuchung vorgestellt, die zur Prüfung der im letzten Abschnitt angeführten Forschungshypothesen konzipiert und durchgeführt wurde. Aus der Darstellung der Forschungsdefizite (s. 3) ergaben sich folgende Anforderungen. Die Untersuchung sollte in einer Sportart durchgeführt werden, in der im Wettkampf konditionelle Belastungen auftreten. Die Versuchspersonen sollten eine komplexe Bewegungstechnik über einen längeren Zeitraum unter praxisnahen Bedingungen trainieren. Das Ausgangsniveau bezüglich der Lernaufgabe sollte vom Anfänger- bis zum Fortgeschrittenen-Stadium reichen. Die konditionelle Belastung im Techniktraining sollte an den im Wettkampf auftretenden Belastungen orientiert sein. Die Untersuchungs idee, mit der diese Anforderungen umgesetzt wurden, sah folgendermaßen aus: ca. 100 Basketballspieler im Alter von 10 bis 12 Jahren sollten im Rahmen ihres Vereinstrainings in 12 Trainingseinheiten eine Wurftechnik üben. Eine Gruppe sollte dabei das Techniktraining ohne vorherige konditionelle Belastung durchführen, die andere Gruppe nach einem Zirkeltraining. Diese Untersuchungs idee wird nun im Folgenden ausführlich dargestellt und begründet.

4.1 Konzeptionelle Überlegungen zum Untersuchungsdesign

4.1.1 Forschungsmethodologischer Ansatz

Als Forschungsstrategie wurde die *methodenorientierte Anwendungsforschung* (Hohmann, 1999) eingesetzt, da die Zielstellung der vorliegenden Untersuchung darin bestand, möglichst problemlösungsorientierte Ergebnisse zum Einsatz konditioneller Belastungen im Techniktraining zu gewinnen. Somit sollten technologische Regeln für die Praxis abgeleitet, bzw. praktische Handlungsanweisungen wissenschaftlich begründet werden können (vgl. Hohmann, 1999; Hohmann et al., 2002; Lames, 1999). Bei der Abwägung, ob ein Labor- oder ein Feldexperiment eingesetzt werden sollte, fiel die Entscheidung relativ deutlich zugunsten des Feldexperiments aus. Mag ein Laborexperiment auch eine höhere interne Validität ermöglichen als ein Feldexperiment, so ist die künstliche Laborsituation für die grundsätzlich komplexen Handlungssituationen der Praxis doch nicht sonderlich relevant (Hohmann, 1999). Im Feldexperiment dagegen können die Versuchspersonen in ihrer natürlichen Umgebung verbleiben, „wodurch

Reaktivitätseffekte der experimentellen Situation minimiert werden und zugleich generalisierbare, praxisrelevante Resultate gewonnen werden“ (Schnell, Hill & Esser, 1999, S. 216). Da die externe Validität in der anwendungsorientierten Trainingswissenschaft einen hohen Stellenwert besitzt, wurde auch trotz des höheren Aufwands, den eine Feldstudie mit sich bringt, auf dieses Design gesetzt.

4.1.2 Stichprobenstrategie

Aufgrund der Untersuchungs idee, ein Trainingsexperiment durchzuführen, das in einer natürlichen Umgebung stattfindet, bot es sich an, die eigene Trainingsmethode innerhalb eines Vereinstrainings zu integrieren. Aus ökonomischen Gründen erschien es sinnvoll, dabei auf eine Klumpenstichprobe („cluster sample“) (Bortz, 1999) zurückzugreifen, die aus gemeinsam trainierenden Sportlern besteht. Die Auswahl der einzelnen Klumpen erfolgte allerdings nicht zufällig, sondern nach regionalen Gesichtspunkten. Damit die Stichprobe für die vorliegende Fragestellung repräsentativ ist, sollten die Versuchspersonen folgende untersuchungsrelevante Eigenschaften haben:

Alter der Versuchspersonen: 10-12 Jahre

Das Forschungsproblem des Neulernens einer sportlichen Bewegungstechnik, das in meiner Untersuchung im Fokus steht, tritt generell häufiger bei Kindern als bei Erwachsenen auf. Wer ein erfolgreicher Leistungssportler werden will, muss bereits im Kindesalter nicht nur allgemeine, sondern auch sportartspezifische Bewegungstechniken erlernen. Deshalb wird in der Trainingspraxis in dieser Altersklasse intensives Techniktraining durchgeführt. Aber nicht nur im Leistungssport, sondern auch im Breiten- und Schulsport werden Kindern in der vorpuberalen Phase sehr häufig neue Bewegungstechniken vermittelt, da aufgrund der altersspezifischen motorischen Entwicklung gerade in dieser Altersstufe beste Lernerfolge zu erwarten sind (Martin, Nicolaus, Ostrowski & Rost, 1999; Rieder, 1983; Winter, 1998). Deshalb wurden als Personenstichprobe für die Untersuchung Kinder im Alter von 10 bis 12 Jahren ausgewählt.

Personenstichprobe Vereinsspieler

Bei den Versuchspersonen sollte es sich einesteils um Anfänger handeln, die die geforderte Bewegungstechnik noch nicht beherrschten, andernteils um Fortgeschrittene, bei denen eine Realisierung der Grobform bereits möglich war. Zudem sollten sie vor allem aus motivationalen Gesichtspunkten an der Sportart Basketball interessiert sein. Deshalb

wurden als Versuchspersonen Kinder ausgewählt, die bereits am Basketballtraining in Vereinen teilnahmen. Bei dieser Altersklasse konnte mit vielen Novizen gerechnet werden, aber auch mit Spielern, die schon einige Trainingsjahre hinter sich hatten.

4.1.3 Motorische Lernaufgabe

Als Sportart, in der die Untersuchung durchgeführt werden sollte, wurde, wie bereits erwähnt, Basketball ausgewählt. Beim Basketball treten über den Spielverlauf hinweg unterschiedlichste konditionelle Belastungen auf. Während die Spieler zu Beginn des Spiels noch wenig beansprucht sind, nimmt der Beanspruchungsgrad im Lauf des Spiels durch die Akkumulation von Belastungen zu. Hinzu kommen Situationen, in denen einzelne Spieler kurzzeitig hochintensiv belastet werden. Unter all diesen verschiedenen Beanspruchungsbedingungen werden Korbwürfe durchgeführt, die stets zu Korberfolgen führen sollen. Die Sportart Basketball ist also für den Untersuchungszweck sehr gut geeignet, da im Wettkampf die präzise Ausführung komplexer Bewegungstechniken unter variierenden Belastungen entscheidend ist.

Die zu lernende Bewegungstechnik sollte motorisch anspruchsvoll sein und sie sollte für viele Versuchspersonen eine neue Technik darstellen. Deshalb wurde als Lernaufgabe der *Hook-Shot* (Hakenwurf) ausgewählt. Diese Technik wird in Sportvereinen im Nachwuchsbereich selten explizit trainiert, stellt jedoch einen schwer abzuwehrenden Korbwurf dar, der auch effektiv gegen größere Abwehrspieler eingesetzt werden kann und der deshalb auf jeden Fall zum Repertoire eines guten Basketballspielers gehören sollte (Braun, Clauss, Nicklaus & Wehner, 1995; Niedlich, 1996).

Beim Hook-Shot steht der Spieler meist mit paralleler Fußstellung mit dem Rücken zum Korb, setzt einen Stemmschritt korbwärts, so dass die Schulterachse senkrecht zum Korb steht, und führt dann den Ball seitlich vom Körper weg in einem schwingvollen Bogen nach oben. Der Ball wird mit einem Impuls aus dem Handgelenk abgeworfen kurz bevor der Wurfarm senkrecht steht (s. Abb. 10).



Abb. 10: Hook-Shot-Technik eines Versuchsteilnehmers

4.1.4 Treatment

Das Treatment in der vorliegenden Untersuchung beinhaltete ein unter Feldbedingungen durchzuführendes Techniktraining des Hook-Shots und eine konditionelle Belastung, die zu hohen Beanspruchungen führen sollte. Eine Gruppe, die im folgenden als Belastungsgruppe bezeichnet wird, unterzog sich zunächst einem Konditionstraining (s. 4.1.4.1) und führte anschließend das Techniktraining (s. 4.1.4.2) durch. Eine weitere Gruppe, im folgenden Ruhegruppe genannt, absolvierte das Training in umgekehrter Reihenfolge, d. h. sie führte zuerst das Techniktraining und im Anschluss das Konditionstraining durch. Dass die zweite Gruppe nicht einfach nur ohne Belastung trainierte, hatte zwei Gründe. Einerseits wäre es den Kindern schwer zu vermitteln gewesen, wenn nur eine Gruppe ein anstrengendes Konditionstraining hätte absolvieren müssen. Dies hätte sich negativ auf die Motivation zur Teilnahme auswirken können. Andererseits konnte so die in der Praxis häufig auftretende Situation, dass dem Techniktraining eine konditionelle Einheit folgt, als Alternative nachgestellt werden.

4.1.4.1 Belastungsform

Bei der Wahl eines für die Untersuchung adäquaten Konditionstrainings waren diverse Aspekte zu berücksichtigen. Die induzierte Beanspruchung sollte so hoch sein, dass die *Ausführungsleistung* während des Techniktrainings auf jeden Fall beeinträchtigt werden sollte, da nur so überhaupt mit negativen Auswirkungen auf die *Lernleistung* gerechnet werden musste (vgl. 2.3.2). Gemäß dem Drei-Faktoren-Modell von Olivier (2001) (s. 2.4.1) war zu berücksichtigen, dass vor allem auch die zur Ausführung des Hook-Shots benötigten Muskelgruppen beansprucht wurden. Denn ein bloßes Belasten der Beinmuskulatur hätte das muskelgruppenspezifische Schnellkraftniveau der für den Hook-Shot ebenfalls benötigten Arm- und Schultermuskulatur nicht in ausreichendem Maße beeinträchtigt. Des Weiteren sollte es sich um eine sportartspezifische Belastung handeln, die sich am konditionellen Anforderungsprofil des Basketballsports orientierte. Mit dieser Anlehnung an wettkampftypische Belastungen sollte eine hohe externe Validität gewährleistet werden. Nicht zuletzt sollte die Belastungsform kindgemäß ausgerichtet sein. Diese Anforderungen schienen am besten durch ein Zirkeltraining erfüllt werden zu können. Durch basketballspezifische Übungen und die dem Zirkeltraining zugrunde liegende Intervallbelastung konnte die Wettkampfdynamik gut abgebildet

werden. Da im Zirkeltraining alle Versuchspersonen an ihrem individuellen freiwilligen Maximum arbeiten, konnte gewährleistet werden, dass es einerseits zu hohen Beanspruchungen kommt, andererseits aber die Kinder die Möglichkeit hatten, die Intensität ihrem konditionellen Niveau und ihrer Belastungstoleranz anzupassen (Scholich, 1991; Weineck & Haas, 1999). Es entspricht der alltäglichen Trainingssituation, dass die Kinder die Intensität der Übungsausführung letztendlich selbst bestimmen, und trägt somit zu einer hohen Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis bei.

Aufbau des Zirkeltrainings

Die Übungsauswahl für die einzelnen Stationen des Zirkeltrainings erfolgte in Anlehnung an das von Boutmans und Vanhille (1982) entwickelte basketballspezifische Konditionstraining in Circuitform. Die Wahl der Intensität und Dauer wurde auf die konditionellen Anforderungen im Basketball abgestimmt (Gärtner & Zapf, 1998; Hagedorn, 1991; Scheele, 1991; Steinhöfer & Warobiow, 1996). Die erste Station bestand aus einem Tempodribbling mit einem Basketball über die Breite des Basketballfelds mit 180°-Richtungswechseln am Ende des Spielfelds (s. Abb. 11a). An der zweiten Station waren Brustpässe an die Wand mit einem 1 kg schweren Medizinball gefordert. Der Abstand zur Wand betrug einen Meter (s. Abb. 11b).



a) b) c) d)

Abb. 11: Die 4 Stationen des Zirkeltrainings: a) Tempodribbling, b) Brustpässe, c) Sprungwurfsimulation, d) Schulterziehen

Die dritte Übung diente als Sprungwurfsimulation. Dabei wurde ein 1,5 kg schwerer Medizinball in die Hocke nach unten geführt und in Begleitung einer Körperstreckung nach oben bis über den Kopf geführt (s. Abb. 11c). Die vierte Übung bestand aus dem

Schulterziehen mit einem roten Thera-Band®³ und beanspruchte intensiv die für den Hook-Shot benötigte Schultermuskulatur (s. Abb. 11d).

Diese vier Stationen waren je zweimal zu durchlaufen. Die Anfangsstation konnte aus organisatorischen Gründen variieren, die Reihenfolge der Stationen musste jedoch eingehalten werden, da der Wechsel der belasteten Muskelgruppen bei den einzelnen Übungen beabsichtigt war, um so eine kurze Erholungspause zu ermöglichen. Die Gestaltung der optimalen Belastungs- bzw. Pausendauer orientierte sich an den in der Literatur zu findenden Richtwerten für die zu untersuchende Zielgruppe (Heldt, 2001; Klee, 2002; Scholich, 1991). Diese Werte wurden für das konkret vorliegende Zirkeltraining in einer Vorstudie überprüft. Es zeigte sich, dass die Belastungsdauer 50 Sekunden nicht übersteigen sollte und dass eine Erholungsdauer von 20 Sekunden eingehalten werden sollte. Das Zirkeltraining bestand somit aus 2 Serien an 4 Stationen mit jeweils 50 Sekunden Belastung und 20 Sekunden Pause und dauerte insgesamt knapp 10 Minuten.

Für die Aussagekraft der Untersuchung war es wichtig zu wissen, welche Beanspruchungseffekte durch die als Treatment induzierten konditionellen Belastungen denn tatsächlich ausgelöst wurden. Da jedoch keine Befunde zur Beanspruchungsinduktion durch ein Zirkeltraining für diese Altersgruppe vorlagen, wurden in einer weiteren Voruntersuchung die Effekte des Zirkeltrainings ermittelt.

Effekte des Zirkeltrainings

An der Voruntersuchung nahmen 11 D-jugendliche Basketballspieler teil. Die Effekte des Zirkeltrainings wurden anhand von drei Merkmalen überprüft, die jeweils vor und unmittelbar nach dem Zirkeltraining, sowie nochmals nach einer zehnminütigen Erholungspause erfasst wurden:

- Als Indikator für die Herz-Kreislauf-Beanspruchung wurde die Herzfrequenz herangezogen. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei den Probanden um Kinder handelte, wurde auf eine Blutabnahme zur Bestimmung der Laktatkonzentration verzichtet.
- Als Indikator für das muskelgruppenspezifische Schnellkraftniveau der Arm- und Schultermuskulatur diente ein Wurftest: In Anlehnung an die motorische Lernaufga-

³ Die Farbe des Thera-Bands gibt Auskunft über seinen Dehnungswiderstand (Klippel, Olivier & Augste, 1999). Ein rotes Band weist einen für Kinder geeigneten geringen Widerstand auf.

be (Hook-Shot) sollte ein Basketball seitlich so hoch wie möglich geworfen werden. Die Leistung wurde über die Flugzeit des Balls bestimmt.

- Als Indikator für die Leistungsfähigkeit bei komplexen Aufgaben wurde schließlich noch die Freiwurfleistung über den unten beschriebenen Zielwurf test (s. 4.1.5.2) mit 30 Würfeln ermittelt.

Die statistischen Ergebnisse der Voruntersuchung sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten (p) sind dabei nicht überzubewerten, da es sich um eine relativ kleine Stichprobe handelte.

Tab. 6: *Statistische Ergebnisse der Voruntersuchung (N: Anzahl der Versuchspersonen; \bar{x} : Mittelwert; s: Standardabweichung; M: Messzeitpunkt; p: Signifikanzniveau)*

	vor Zirkel			nach Zirkel			nach 10 min			M1-M2	M1-M3
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	p	p
Herzfrequenz [s ⁻¹]	10	130	17	10	157	10	7	143	17	,004	,196
Ball hochwerfen [s]	11	1,69	0,14	11	1,63	0,11	8	1,62	0,11	,022	,309
Freiwurf [Punkte]	11	19,2	4,0	11	17,9	3,4	9	18,5	3,4	,064	,019

Die Herzfrequenz lag bereits vor dem Zirkeltraining bei recht hohen 130 Schlägen pro Minute, da die Kinder trotz der Anweisung, sich möglichst ruhig zu verhalten, sich, bevor sie an der Reihe waren, in der Sporthalle bewegten. Nach dem Zirkeltraining stieg die Herzfrequenz dennoch signifikant an. Auch nach 10 Minuten Pause war die Herzfrequenz noch merklich erhöht. Somit führte das Zirkeltraining zu einer deutlichen Herz-Kreislauf-Beanspruchung, die über den gesamten Zeitraum, in dem während des Treatments das Techniktraining stattfinden sollte, nachzuweisen war. Wichtig war zu sehen, dass sich auch die Leistung im seitlichen Ball hochwerfen nach dem Zirkeltraining signifikant reduzierte und selbst nach 10 Minuten gegenüber dem Ausgangsniveau vermindert blieb. Derselbe Trend war bei der Freiwurfleistung zu erkennen, die sowohl direkt nach der Belastung als auch nach 10 Minuten Erholung deutlich schlechter war als vor der Belastung. Die Entwicklung der einzelnen Merkmale ist in Abbildung 12 nochmals veranschaulicht.

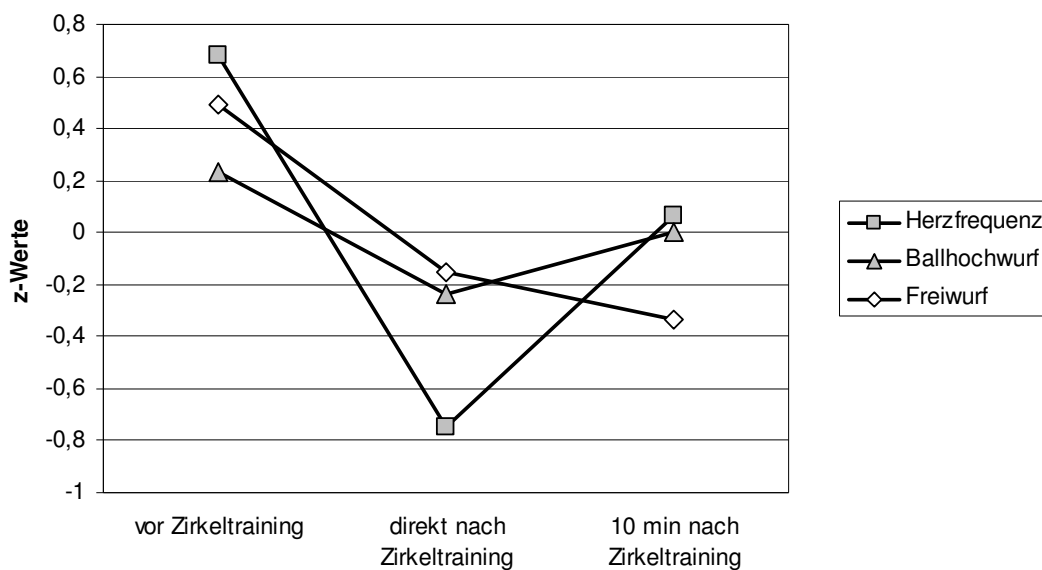


Abb. 12: Verlauf der z-Werte von Herzfrequenz, Leistung im Ballhochwurf und im Freiwurf vor, direkt nach und 10 Minuten nach dem Zirkeltraining

Zusammenfassung

Durch diese Vorstudie konnte gezeigt werden, dass die im Treatment eingesetzte Belastung durch ein basketballspezifisches Zirkeltraining bei der zu untersuchenden Zielgruppe eine große Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems und des neuromuskulären Systems verursacht, die dazu führt, dass die Leistung bei einer komplexen Bewegungsaufgabe deutlich absinkt. Damit wurde der gewünschte Effekt erreicht, dass bei der Treatment-Gruppe, die vor dem Techniktraining das Zirkeltraining absolviert, während des Techniktrainings eine verminderte Ausführungsleistung gegenüber den unter Ruhe Trainierenden zu erwarten ist.

4.1.4.2 Techniktraining

Der Hook-Shot als experimentelle Lernaufgabe sollte in einem möglichst praxisnahen Techniktraining geübt werden. Damit unterschieden sich die Trainingsinhalte deutlich von denen aus laborexperimentellen Untersuchungen, denn das Trainingsziel bestand nicht nur im Aneignen der Zieltechnik unter exakt den Bedingungen, unter denen sie im Test abgeprüft wird. Vielmehr wurde auch der für das reale Sportspiel relevantere taktische Aspekt, einen schwer abzuwehrenden Korbwurf zu erlernen und situationsadäquat einsetzen zu können, berücksichtigt. Das Techniktraining verfolgte als Trainingsziel somit neben Hauptziel des Technikerwerbs auch die Technikanpassung an veränderliche

Bedingungen und letztlich auch die Abschirmung der Technik gegen Gegnereinflüsse. Aus diesen Zielen wurde das im Folgenden beschriebene Trainingsprogramm abgeleitet. Da zu erwarten war, dass die jeweiligen Trainer die Technikeinheit trotz genauer Vorgaben recht unterschiedlich gestalten würden, sollte das Techniktraining bei allen Mannschaften von der Versuchsleiterin abgehalten werden. Durch diese Standardisierung konnte eine mögliche Störgröße der internen Validität eliminiert werden.

Übungsgestaltung

Der zeitliche Rahmen des Techniktrainings war innerhalb einer Trainingseinheit auf 10 Minuten festgelegt. Das hatte zum einen organisatorische Gründe, denn so konnten die beiden Treatmentgruppen das Konditionstraining und das Techniktraining parallel durchführen und anschließend die Trainingsart wechseln. Zum anderen fand das Treatment innerhalb des Vereinstrainings statt. Deshalb sollte dem Trainer noch genügend Zeit für sein „normales“ Training verbleiben. Die Anzahl der Trainingseinheiten wurde zunächst auf 12 Trainingseinheiten festgesetzt. Somit sollte gewährleistet werden, dass mit einer deutlichen Lernleistung gerechnet werden konnte. Aus ökonomischen Erwägungen wurde in einer Pilotstudie untersucht, ob aufgrund der normalerweise zu Beginn steiler verlaufenden Lernkurve dazu bereits sechs Trainingseinheiten ausreichten. Dies musste jedoch verneint werden. Je nachdem, ob die Mannschaften ein- oder zweimal pro Woche trainierten, erstreckte sich der Trainingszeitraum somit über 6 bis 12 Wochen.

Da das durchschnittliche Lernstadium in der Hook-Shot-Technik eher niedrig war, bestand das Hauptziel im Erlernen der Fertigkeit. Diesem Hauptziel untergeordnet waren die Trainingsziele, Technikvarianten zu erlernen, die Technik an neue Situationen anzupassen und gegen Gegnereinflüsse abzuschirmen.

Die *methodische Reihung* der einzelnen Trainingseinheiten sah gemäß diesen Zielen vor, zunächst kurzzeitig isoliertes Technikerwerbstraining durchzuführen, dieses aber schon bald mit einem variantenreichen Training zu kombinieren und in den letzten Einheiten Gegenspieler hinzuzunehmen (vgl. 2.2.2, Abb. 4).

Bezüglich der *Übungsfolge* innerhalb einer Trainingseinheit wurde berücksichtigt, dass zwar grundsätzlich eher randomisiertes Üben Erfolg versprechend ist, dass aber in einem sehr frühen Lernstadium eher das sonst zu meidende geblockte Üben Vorteile

bringt (Williams & Hodges, 2005). Der Zielgruppe entsprechend schien deshalb moderate Kontext-Interferenz angemessen (vgl. 2.2.3.3).

Was den Aufbau der *Einzelübungen* betrifft, so sollten im Sinne des Konzepts „Freezing - Releasing - Exploiting“ im Verlauf des Trainingsprozesses immer mehr Freiheitsgrade eingesetzt werden (vgl. 2.2.3.3). Viele Argumente sprachen dafür, die Bewegungsausführung von Anfang an zu variieren, z. B. dass die Technik dann robuster gegenüber Störungen ist. Sowohl beim systemdynamischen Ansatz als auch bei der Schematheorie („Variabilitätshypothese“) wird auf die Vorzüge von veränderlichen Ausgangssituationen hingewiesen (vgl. 2.2.3.3). Aber auch gemäß der Spezifitätshypothese sollen die Trainingsübungen viele wettkampfähnliche Situationen beinhalten (vgl. 2.2.3.3).

Unter Berufung auf die Systemdynamik wurde ein ganzheitliches Vorgehen der Zerlegung der Bewegungstechnik vorgezogen. Ebenfalls diesem Ansatz folgend, sollte als übergeordnetes Prinzip in jeder Trainingseinheit für hohe Wiederholungszahlen gesorgt werden, damit dem System eine breite Basis für die Selbstorganisation zur Verfügung steht.

Diese Vorüberlegungen wurden in einen dem Setting entsprechenden Trainingsplan umgesetzt.

Die *Einzelübungen* waren so gestaltet, dass der Hook-Shot in Anlehnung an die Ganzheitsmethode immer in seiner kompletten Struktur mit Ball ausgeführt wurde. Der Wurf erfolgte anfangs aus dem Stand. Die Schwierigkeit wurde langsam durch die Kombination mit anderen Fertigkeiten gesteigert, indem der Wurf nach einem Pass, nach einer Drehung und aus dem Dribbling heraus ausgeführt werden musste. Zudem wurden auch Würfe mit dem schwächeren Arm durchgeführt. Eine weitere Steigerung bestand aus der Hinzunahme eines zunächst passiven, später aktiven Gegenspielers. Auch wenn die Schwierigkeit im Laufe des Trainings gesteigert wurde, begann jede Trainingseinheit mit 20 bis 30 Standwürfen aus unterschiedlichen Positionen, um die häufige Ausführung der Technik-Grundstruktur zu ermöglichen.

Die moderate Kontext-Interferenz wurde durch die *Abfolge der Würfe* erreicht. Diese wurde so gestaltet, dass mehrere Würfe aus der gleichen Entfernung, wenn auch von unterschiedlichen Positionen ausgeführt wurden, bevor eine andere Entfernung gewählt wurde.

In Tabelle 7 ist das Trainingsprogramm für die 12 Technik-Trainingseinheiten der Untersuchung dargestellt. Die Trainingsübungen wurden dabei teilweise von Hagedorn (1996) und Niedlich (1996) übernommen.

Tab. 7: *Trainingsprogramm für die 12 Trainingseinheiten der Hook-Shot-Technik*

Zeitpunkt	Inhalte
Training 1	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus 3 verschiedenen Positionen (rechts, links, Mitte) aus ca. 2 m mit rechter und linker Hand
Training 2	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Gesicht zum Korb, Zuspiel fangen, Schritt mit Innenfuß zum Korb, Hook-Shots mit Außenhand rechts und links
Training 3	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand (mit Video-Feedback)
Training 4	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Rücken zum Korb, Zuspiel fangen, Schritt mit Innenfuß zum Korb, Hook-Shots mit Außenhand rechts und links
Training 5	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Rücken zum Korb, Zuspiel fangen, Schritt mit Innenfuß zum Korb, Hook-Shots mit Außenhand rechts und links aus verschiedenen Positionen
Training 6	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Dribbling, Stemmschritt, Hook-Shot
Training 7	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Dribbling, Stemmschritt, Hook-Shot aus verschiedenen Positionen
Training 8	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Dribbling, passiven Gegner umspielen, Hook-Shot
Training 9	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Dribbling, Gegner umspielen, Hook-Shot
Training 10	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand (mit Video-Feedback)
Training 11	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Rücken zum Korb, Zuspiel fangen, Schritt mit Innenfuß zum Korb, Hook-Shots mit Außenhand rechts und links aus verschiedenen Positionen über passiven Gegenspieler
Training 12	<ul style="list-style-type: none"> Hook-Shots aus verschiedenen Positionen aus verschiedenen Entfernungen mit rechter und linker Hand Rücken zum Korb, Zuspiel fangen, Schritt mit Innenfuß zum Korb, Hook-Shots mit Außenhand rechts und links aus verschiedenen Positionen über aktiven Gegenspieler

Informationsgestaltung

Bereits vor dem Pretest wurde über eine vorbereitete Videopräsentation die Zielbewegung vorgestellt. Damit sollte die für die Testdurchführung nötige Bewegungsvorstellung vermittelt werden. Da für die vorliegende Altersklasse das Lernen am Modell die größten Lernerfolge verspricht (Martin et al., 1999; Winter, 1998), sollten im folgenden Trainingsverlauf häufig Bewegungsvorbilder gezeigt werden. Diese Sollwert-Präsentation erfolgte hauptsächlich durch „Vormachen“ durch die Versuchsleiterin, durch eine Bildreihe (s. Abb. 13) und durch die wiederholte Präsentation des Videofilms.



Abb. 13: Bildreihe des Hook-Shots

Das *Bewegungsergebnis* der Lernaufgabe konnte bei den Korbwürfen direkt daran abgelesen werden, ob der Ball im Korb landete oder nicht. Somit erfolgte das Feedback intrinsisch über den visuellen Kanal. Die Theoriediskussion hinsichtlich der Bereitstellung von extrinsischem KR (vgl. 2.2.3.4) ist für diese, wie auch für sehr viele andere in der Praxis vorzufindenden Lernaufgaben, somit nicht relevant. Da es für Kinder jedoch schwierig ist, aus der Fülle der Wahrnehmungen die relevanten Informationen über den *Bewegungsverlauf* herauszufiltern (Vogt, 1996), musste diesbezüglich noch zusätzliches extrinsisches Feedback gegeben werden. Dabei wurde auf „bandwidth-KP“ gesetzt, d. h. Feedback wurde nur gegeben, wenn die Bewegungsausführung eine gewisse Toleranzgrenze überschritt (vgl. 2.2.3.4). Diese Grenze war anfangs relativ großzügig bemessen, im weiteren Lernverlauf wurden bereits bei geringeren Abweichungen Diskrepanzinformationen bzw. Fehlerkorrekturen gegeben. Es wurde darauf geachtet, die Informatio-

nen verbal so zu formulieren, dass sie leicht verständlich waren. So wurde beispielsweise bei einem der am häufigsten auftretenden Fehler, dass der Spieler sich beim Wurf mit der Schulterachse zum Korb drehte, die Anweisung gegeben: „Stell dir vor, dass du den Wurf zwischen zwei Wänden ausführen musst.“ In zwei Trainingseinheiten (in der Regel in der 3. und 10.) wurden zusätzlich Istwert-Informationen über eine Videoaufnahme bereitgestellt, die direkt nach dem Bewegungsversuch mit der Versuchsperson angesehen und von der Versuchsleiterin kommentiert wurden.

Zusammenfassend wurden für das Techniktraining folgende Leitkriterien angesetzt:

- In jeder Trainingseinheit sollten hohe Wiederholungszahlen ermöglicht werden.
- Die Technik sollte von vornherein unter variablen Bedingungen bezüglich Abstand, Richtung usw., geübt werden. Die Belastung wurde selbstverständlich nicht als Variationsmöglichkeit herangezogen, da sie die unabhängige Variable der Untersuchung darstellte.
- Das Training sollte systematisch aufgebaut sein, d. h. während der Wurf zu Beginn unter einfachen Bedingungen geübt werden sollte („Freezing“), wurde die Komplexitätsreduktion allmählich zurückgenommen („Releasing“), so dass zuletzt auch im Sinne des „Exploiting“ (s. 2.2.3.3) die Würfe mit Anlauf und mit Gegnereinfluss ausgeführt werden sollten.
- Die Informationsgestaltung konzentrierte sich hauptsächlich auf häufige Sollwert-Vorgabe. Da beim Üben der Wurf immer auf den Korb ausgeführt wurde, stand KR den Kindern jederzeit zur Verfügung, so dass nur vereinzelt extrinsisches Feedback in Form von KP gegeben werden musste.

4.1.5 Abhängige Variablen

Der Hook-Shot als die während des Treatments zu lernende motorische Aufgabe stellt natürlich eine der abhängigen Variablen der Untersuchung dar. Neben der *Hook-Shot-Leistung im unbelasteten Zustand* sollte zur Überprüfung des Belastungstransfers auch die *Hook-Shot-Leistung unter konditionellen Belastungsbedingungen* erfasst werden. Damit sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, an die Befunde von Olivier (1996), Dillinger (2003) und Arnett et al. (2000) zur Überprüfung der Spezifitätshypothese bezüglich konditioneller Belastungen im Techniktraining anzuknüpfen. Neben dem Belas-

tungstransfer könnten sich auch unterschiedliche Treatment-Effekte auf die Leistung in einer anderen, nicht dem Treatment unterzogenen Aufgabe ergeben. Während der einzige experimentell durchgeführte Aufgabentransfer zur vorliegenden Problemstellung bisher in einer Parameter-Variation bestand (Realisieren einer bestimmten Sprunghöhe (Olivier, 1996)), so sollte in dieser Untersuchung als Transferaufgabe eine andere Wurftechnik durchgeführt werden. Dabei fiel die Entscheidung auf den *Freiwurf*, der von Beginn an beim Basketball-Training zum Übungskatalog gehört. Auch die Transferaufgabe sollte *sowohl mit als auch ohne konditionelle Vorbelastung* getestet werden.

Bei der Frage nach der Operationalisierung der Variablen wurde die Zielstellung des hier durchzuführenden Techniktrainings ins Kalkül gezogen (2.2.2). Das übergreifende Ziel lag darin, über einen Wurf einen Korberfolg zu erzielen, der in bestimmten Situationen anderen Würfen überlegen ist. Somit sollte das technische Repertoire vergrößert werden, um taktische Flexibilität zu erreichen. Der taktische Aspekt in Form des sportlichen Erfolgs steht im Sportspiel gewöhnlich über dem technischen Aspekt der Bewegungsoptimierung. Es geht beim Hook-Shot-Training also nicht vorrangig um die perfekte, an biomechanischen Leitbildern orientierte Ausführung der Technik, sondern um das Ermöglichen einer erfolgreichen Lösung in einer sonst aussichtslosen Korbwurfsituation durch eine neue Wurftechnik (vgl. Hohmann et al., 2002; Saß et al., 1997). Die Operationalisierung der Hook-Shot-Leistung sollte also nicht durch eine Bewertung des Bewegungsverlaufs über biomechanische Diagnoseverfahren wie z. B. Kinemetrie, Dynamometrie und Elektromyografie, sondern über eine Bewertung des Bewegungsergebnisses erfolgen.

4.1.5.1 Forschungsstand Wurftests im Basketball

Auf der Suche nach einem im statistischen Sinne brauchbaren, objektiven und reliablen Messinstrument, wurden in der Literatur beschriebene Tests auf ihre Brauchbarkeit für den vorliegenden Testzweck analysiert.

Es finden sich diverse Basketball-Wurftests, die von bestimmten Positionen aus auf den Korb erfolgen. Neben der Qualität der Würfe wird oft gleichzeitig die Quantität der durchgeführten Würfe in einem bestimmten Zeitraum erfasst. Das Durchführen des Tests unter Zeitdruck ist allerdings für den hier vorliegenden Fall kein relevantes Leistungskriterium, so dass eine Kopie dieser Tests ausscheidet. Bei der Beurteilung der Wurf-Qualität liegen verschiedene Ansätze vor, die im folgenden vorgestellt werden.

Bös (1988) entwickelte einen komplexen basketballspezifischen Test („Heidelberger-Basketball-Test“) zur Beurteilung der konditionellen Leistungsfähigkeit und des Technikniveaus. Einer der vier technischen Subtests besteht aus Positionswürfen außerhalb der Zone aus vier Sektoren. Innerhalb einer Minute sind möglichst viele Treffer zu erzielen, wobei jeder Treffer mit einem Punkt bewertet wird. Eine weitere Differenzierung der Wurfgenauigkeit erfolgt nicht. Dies führt zwar zu einem sehr guten Objektivitätskoeffizienten von ,99, lässt allerdings eine geringe Test-Retest-Reliabilität vermuten. Dem wird dadurch entgegengewirkt, dass jeder Proband zwei Durchgänge absolvieren muss, von denen der bessere gewertet wird. So ergibt sich ein ausreichender Reliabilitätswert von ,79. Diese Vorgehensweise ist für den hier einzusetzenden Test allerdings nicht möglich, da die Versuchspersonen in der zweiten Testsituation unmittelbar nach der Belastung werfen müssen, damit die Belastungseffekte nachzuweisen sind. Bei einem zweiten Durchgang wäre die Beanspruchungssituation bereits wieder verändert.

Grundsätzlich scheint eine ausschließliche Differenzierung in „Treffer“ und „kein Treffer“ problematisch. So wurde beispielsweise auch in Untersuchungen zum Handball und Fußball die Torschussleistung über die Trefferquote auf ein in verschiedene Zielfelder eingeteiltes Tor bestimmt (Saß et al., 1997). Im Basketball bietet sich an, eine Berührung des Korbrings in die Bewertung einzubeziehen. Dies wurde z. B. in einem Test von Steinhöfer (1983) realisiert. Auch er entwickelte eine ganze Testbatterie zur Leistungserfassung im Basketball, bei der einer der basketballspezifischen Tests aus 20 Freiwürfen besteht. Getrennt von den Treffern werden dabei auch Ringberührungen gezählt. Die Objektivitätskoeffizienten sind sowohl für die Trefferanzahl als auch für die Anzahl der Ringberührungen sehr hoch (,992 bzw. ,996), die Test-Retest-Reliabilität ist jedoch mit ,611 nicht gerade zufrieden stellend.

Sahre (1994) entwickelte ein noch differenzierteres Punktesystem zur Erfassung der Korbwurfleistung. Als Quantitätsmaß wird die Anzahl an Würfen in 30 Sekunden erfasst, als Qualitätsmaß die „Punktequote“ in diesen 30 Sekunden (erzielte Punkte/mögliche Punkte * 100). Das Punkteschema berücksichtigt neben dem Korberfolg auch, ob und wie oft der Ball den Ring oder ein auf dem Brett markiertes Feld berührt:

- 0 wenn der Ball weder Ring noch „Zielfeld“ berührt
- 1 bei einmaliger Ring- oder Zielfeldberührung ohne Korberfolg
- 2 bei mehrmaliger Ring- oder Zielfeldberührung ohne Korberfolg

- 3 bei Korberfolg mit vorhergehender Ring- oder Zielfeldberührung
- 4 bei Korberfolg ohne vorhergehende Ring- oder Zielfeldberührung.

Auch bei diesem Test besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen zwei Beobachtern, die per Videoauswertung die Würfe beurteilen. Die über Testhalbierung (gerade Würfe/ ungerade Würfe) ermittelten Reliabilitätswerte von 15 Tests, die unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt wurden, liegen zwischen ,19 und ,64 und sind somit nicht akzeptabel. Als weiteres Problem dieses Tests wird die Kombination von Zeit- und Qualitätsdruck angesehen, da sich die Testleistung immer aus zwei verschiedenartigen Komponenten zusammensetzt.

Resümierend muss konstatiert werden, dass bislang vor allem bezüglich der Reliabilität kein zufrieden stellendes Messinstrument zur Erfassung der Wurfleistung im Basketball vorliegt (vgl. Kruppa, 2004; Sahre, 1994). Deshalb wurde ein eigener Zielwurftest zur quantitativen Beurteilung der abhängigen Variablen Hook-Shot-Technik und Freiwurf-Technik entwickelt. Als Voraussetzung zur Anwendung dieses quantitativen Tests galt die Mindestanforderung, dass die wichtigsten Technikkriterien des Hook-Shots bzw. Freiwurfs (Stand- oder Sprungwurf) erfüllt sein mussten.

4.1.5.2 Entwicklung eines Zielwurftests

Aufbau des Zielwurftests

Das neu zu entwickelnde Messinstrument sollte es ermöglichen, anhand des Bewegungsergebnisses so gut wie möglich zwischen guten und schlechten Würfen zu differenzieren. Deshalb fiel die Entscheidung auf einen Zielwurftest, bei dem als das entscheidende Kriterium zur Differenzierung der Leistung der Abstand des geworfenen Balls zur Korbmitte angesehen wurde.

Auf Basis dieser Vorüberlegungen fanden einige Voruntersuchungen im Feld statt. Diese dienten dazu herauszufinden, wie bei Korbwürfen der Ballabstand zur Korbmitte beobachtet werden kann. Es ist offensichtlich, dass dazu gewisse Modellannahmen zu treffen sind. Zunächst wird als Zeitpunkt für die Beurteilung des Wurfs der Moment festgelegt, in dem der Ball die Horizontale des Korbrings zum ersten Mal berührt. Die Flugkurve des Balls und eine vorherige Brettberührung werden somit von vornherein für die Betrachtung ausgeklammert. Folgende im Feld beobachtbare Fälle wurden ermittelt:

1. Der Ball fällt berührungslos in den Korb („Swish“).
2. Der Ball berührt den Ring und fällt in den Korb.
3. Der Ball berührt den Innenring und fällt nicht in den Korb.
4. Der Ball berührt den Außenring und fällt nicht in den Korb.
5. Der Ball berührt nicht den Ring und fällt nicht in den Korb („Airball“).

Der selten auftretende Fall, dass ein Ball den Ring mehrmals berührt, wird nicht gesondert abgebildet, da sich der Auftreffpunkt eines solchen Wurfs nur minimal von einem Wurf mit einfacher Ringberührung unterscheidet. Den oben angeführten fünf verschiedenen Situationen werden nun Punktwerte zugeordnet. Der Punktabstand zwischen den einzelnen Ereignissen soll nicht äquidistant sein, sondern soll möglichst proportional die realen Ballabstände zur Korbmitte widerspiegeln. Daraus ergibt sich das in Abbildung 14 dargestellte Modell.

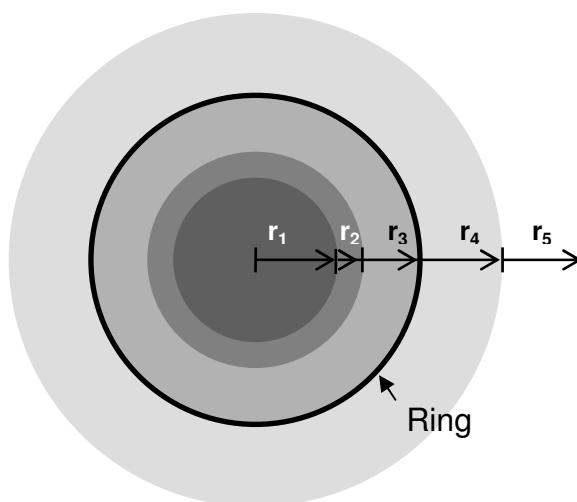


Abb. 14: Modell des Punktesystems für den Zielwurf test

- r_1 : maximal möglicher Abstand des Ballmittelpunkts zur Korbmitte, wenn der Ball berührungslos in den Korb fällt
- r_2 : maximal möglicher Abstand des Ballmittelpunkts zur Korbmitte abzgl. r_1 , wenn der Ball mit Ringberührung in den Korb fällt
- r_3 : maximal möglicher Abstand des Ballmittelpunkts zur Korbmitte abzgl. r_1 und r_2 , wenn der Ball den Innenring berührt
- r_4 : maximal möglicher Abstand des Ballmittelpunkts zur Korbmitte abzgl. r_1 , r_2 und r_3 , wenn der Ball den Außenring berührt
- r_5 : möglicher Abstand des Ballmittelpunkts zur Korbmitte abzgl. r_1 , r_2 , r_3 und r_4 , wenn der Ball den Ring nicht berührt und nicht in den Korb fällt

Aufgrund der bekannten Abmessungen des Balls (Umfang: 749 - 780mm) und des Basketballkorbs (Innendurchmesser des Korbs: 450 - 457mm; Metalledurchmesser des

Rings: 16 - 20mm)⁴ (Deutscher Basketball Bund e.V., 2000) können unter den Modellannahmen die Radien r_1 bis r_4 berechnet werden⁵:

$$r_1 = r_{Korb} - r_{Ball} = 105,25mm$$

$$r_2 = r_{Korb} + r_{Metallring} - (r_{Ball} + r_{Metallring}) \cdot \cos \alpha - r_1 = 25,40mm$$

$$r_3 = r_{Korb} + r_{Metallring} - (r_1 + r_2) = 105,10mm$$

$$r_4 = r_{Korb} + 2 \cdot r_{Metallring} + r_{Ball} - (r_1 + r_2 + r_3) = 130,50mm.$$

Für den 5. Fall ist es nötig, einen „Endwert“ für den Ballabstand festzusetzen, denn sonst wäre die letzte Möglichkeit unendlich groß. Für verschiedene Zielgruppen kann dieser Wert unterschiedlich festgelegt werden, denn letztendlich entscheidet dieser Endwert darüber, wie differenziert die Abstufungen innerhalb der anderen 4 Situationen ausfallen. Für NBA-Spieler z. B. würde man den Endwert (r_5) sehr klein wählen, da es in der Praxis kaum vorkommt, dass bei einem Wurf nicht einmal der Ring berührt wird. So ergibt ein Außenringtreffer nur verhältnismäßig wenige Punkte, dafür kann man zwischen Swish und Treffer mit vorheriger Ringberührung deutlich unterscheiden. Für die Zielgruppe der D-Jugend-Spieler aus der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die schlechtesten Würfe einen Abstand zum Ring von ca. einem halben Ballradius aufweisen. Dementsprechend groß wird r_5 gewählt.

$$r_5 = \frac{r_{Ball}}{2} = 60,75mm$$

Ein Außenringtreffer bringt somit mehr Punkte als bei einem NBA-Spieler, zwischen berührungslosem Treffer und Treffer mit vorheriger Ringberührung wird allerdings nicht so stark unterschieden.

Bei der Zuordnung der Punktwerte zu den einzelnen Fällen wird per definitionem bestimmt, dass ein berührungsloser Treffer (1. Fall) einen Punkt erhalten soll und ein Fehlwurf ohne Ringberührung (5. Fall) null Punkte. Die dazwischen liegenden Möglichkeiten werden unter Wahrung der Verhältnisse ihrer Abstände zur Korbmitte berechnet. Zunächst werden aus den Radien die zugehörigen Flächen der einzelnen Fälle ermittelt:

⁴ Zur Berechnung wurde jeweils die Mitte des möglichen Bereichs herangezogen.

⁵ Für den komplizierten 2. Fall wird mit Hilfe des Reflexionsgesetzes der maximale Winkel α berechnet, bei dem der Ball nach der Ringberührung noch in den Korb fällt. Dieser Winkel beträgt 36° (ausführlich s. Kruppa, 2004).

$$F_i = r_i^2 \pi$$

Anschließend werden die Einzelflächen an der Gesamtfläche ($F_g = \sum_{i=1}^5 F_i$) relativiert. Die somit entstandenen Flächenanteile drücken die Proportionen der Abstände zur Korbmitte aus (s. Abb. 14) und werden durch eine lineare Transformation miteinander in Beziehung gesetzt (s. Abb. 15).

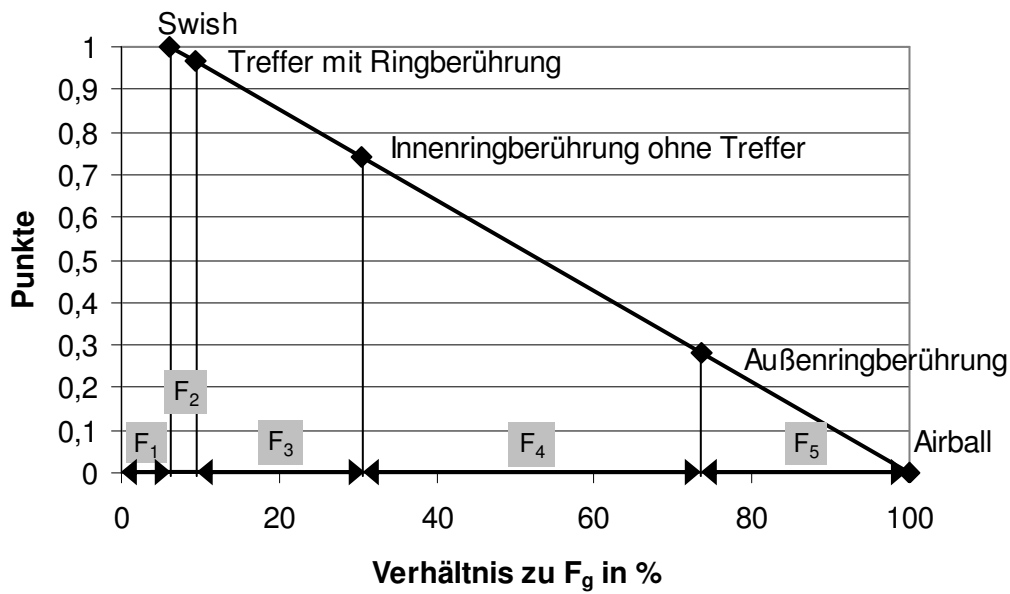


Abb. 15: Lineare Transformation der Flächenanteile

Die sich daraus ergebende Geradengleichung wird durch die vorliegenden Werte eindeutig bestimmt:

$$f(F_i) = \frac{F_i}{F_1 - F_g} + \frac{F_g}{F_g - F_1}$$

Anhand dieser Geradengleichung können die resultierenden Punktwerte f für den 2., 3. und 4. Fall berechnet werden. Unter Hinzunahme der gesetzten Werte für den 1. und 5. Fall ergibt sich somit die in Tabelle 8 dargestellte Bepunktung der Testwürfe für D-Jugend-Spieler.

Tab. 8: Punktbewertung der Wurfergebnisse von D-Jugend-Spielern

Wurfergebnis	Punkte
Swish	1
Treffer mit Ringberührung	0,97
Innenringberührung ohne Treffer	0,74
Außenringberührung ohne Treffer	0,28
Airball	0

Gütekriterien des Zielwurftests

Da das einmalige Ausführen eines Wurfes noch keine zuverlässige Aussage über die tatsächliche Beherrschung der Wurftechnik ermöglicht hätte, sollte im Test eine Wurfserie mit mehreren Würfen durchgeführt werden. Die genaue Wurffanzahl wurde in einer Voruntersuchung ermittelt, wobei eine Testverlängerung auf zunächst 30 Würfe vorgenommen wurde (ausführlich s. Kruppa, 2004). D- und C-jugendliche Basketballspieler führten dabei insgesamt 56 solcher 30er-Wurfserien durch. Als Maß für die innere Konsistenz diente *Cronbachs Alpha* (Ludwig-Mayerhofer, 1999). Dabei ergab sich ein für Gruppenanalysen geeigneter Wert von mindestens ,75 (Neumaier, 1983) ab einer Anzahl von 14 Würfen (,766) (s. Abb. 16).

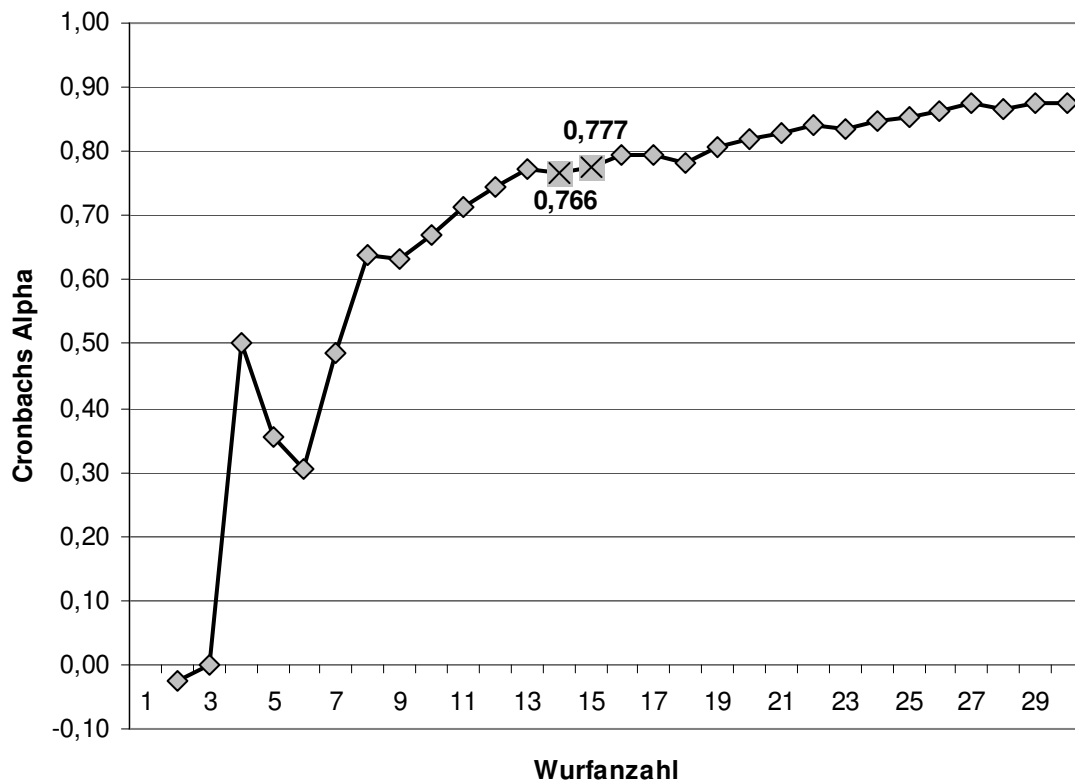


Abb. 16: Innere Konsistenz des Zielwurftests in Abhängigkeit von der Wurffanzahl

Dieser hohe Konsistenzkoeffizient zeugte zwar von hoher Messgenauigkeit, sagte jedoch nichts über die Bedingungs- und Merkmalkonstanz des Tests aus. Zur Überprüfung dieses Aspekts der Reliabilität wurde zusätzlich eine Testwiederholung im Abstand von zwei Wochen mit 5 Spielern der ersten Voruntersuchung durchgeführt. Hierbei ergaben sich ausreichende Test-Retest-Reliabilitätswerte ab einer Wurffanzahl von 12 Würfen (,829) (s. Abb. 17).

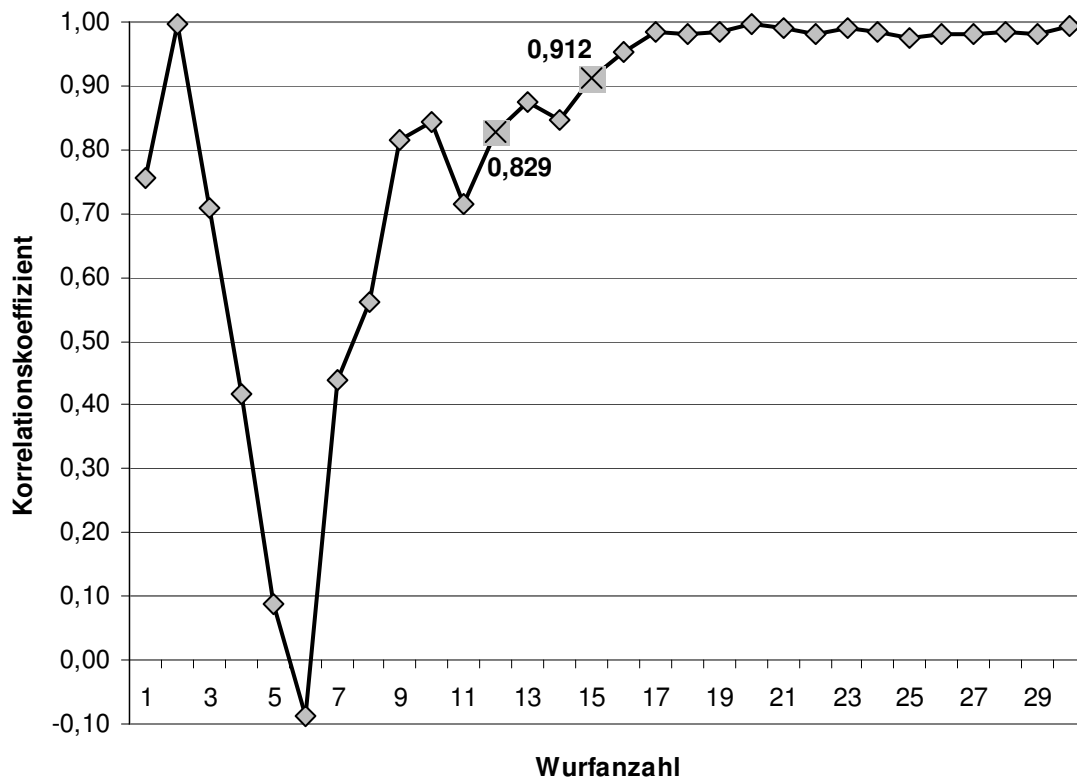


Abb. 17: Test-Retest-Reliabilität des Zielwurftests in Abhängigkeit der Wurfanzahl

Zur Wahrung der bestmöglichen Reliabilität unter einer vertretbaren Testökonomie wurde die Testlänge somit auf 15 Würfe festgesetzt, bei der die innere Konsistenz ,777 und die Test-Retest-Reliabilität ,912 betrug.

Es darf als plausibel angenommen werden, dass der hier verwendete Test die Wurfleistung misst und somit inhaltlich valide ist. Die nicht unproblematische objektive Beurteilung der Validität erfolgte über einen Gruppenvergleich der Wurftest-Ergebnisse von guten, mittelmäßigen und schlechten Werfern, die durch ein Expertenrating eingeteilt wurden. Die hier vorliegende Übereinstimmung der Rangfolge der Gruppenmittelwerte aus den Tests mit den Einteilungen der Experten deutet auf eine zufrieden stellende Kriteriumsvalidität hin.

Die Tests sollten im Feld durchgeführt werden und die Wurfleistung sollte aus ökonomischen Gründen sofort bestimmt werden. Während aufgrund des leicht verständlichen Testaufbaus keine Probleme bezüglich der Durchführungsobjektivität zu erwarten waren, so war das für die Auswertungsobjektivität nicht ganz auszuschließen, da der Protokollant die Würfe sofort der richtigen Kategorie zuweisen musste. Geprüft wurde die Objektivität dadurch, dass zwei verschiedene Beobachter die Punkte von 270 Würfeln

live während des Tests mitprotokollierten und später nochmals anhand einer gleichzeitig angefertigten Videoaufzeichnung auswerteten. Als Maß für die Auswertungsobjektivität diente der Kontingenzkoeffizient *Cohens Kappa*, der den Anteil an Übereinstimmungen berechnet, der über die rein zufällig zu erwartenden Übereinstimmungen hinaus geht (Cohen, 1960). Dieser betrug für den Vergleich der beiden Live-Protokolle ,938 und rechtfertigt damit eindrucksvoll das angedachte Vorgehen. Die Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der Videobeobachtungen waren mit Kappa-Werten zwischen ,843 und ,891 zwar auch brauchbar, lagen aber aufgrund der schlechteren akustischen Information über Ringberührungen unter denen der Live-Protokolle.

Zusammenfassung

Der hier vorgestellte, 15 Würfe umfassende Zielwurftest im Basketball stellt eine gelungene Weiterentwicklung eines Messinstruments für die Wurftechnik aus den bisherigen Ansätzen dar. Er erfüllt in beachtenswertem Maße die Gütekriterien Reliabilität und Objektivität, ist auf jedem Basketballfeld ohne aufwändige Hilfsmittel durchzuführen und ist leicht auszuwerten.

4.1.5.3 Messung der abhängigen Variablen

Zur Messung der abhängigen Variablen wurde der oben beschriebene Zielwurftest herangezogen. Dabei sollte der Hook-Shot in Anlehnung an die übliche Wurfposition im Spiel drei Meter von der Grundlinie entfernt aus mittiger Position ausgeführt werden (Tsamourtzis, Salonikidis, Siskos & Athanailidis, 2003). Der Freiwurf hatte von der 5,8 Meter entfernten Freiwurflinie zu erfolgen. Die Testanordnung wurde so gewählt, dass die jeweils 15 Hook-Shots und Freiwürfe innerhalb eines Tests immer abwechselnd ausgeführt wurden, so dass sich der Werfer nach jedem Wurf auf seine neue Position begeben und den Wurf neu ansetzen musste. Nach diesem ersten insgesamt 30 Würfe umfassenden Test erfolgte die konditionelle Belastung im Zirkeltraining, in deren unmittelbarem Anschluss der gleiche Test nochmals ausgeführt wurde.

4.1.6 Lernstadium

Wie bereits mehrmals betont wurde, liegen für den Anfängerbereich die wenigsten Befunde zur Belastungsgestaltung im Techniktraining vor. Deshalb sollte gerade diese Zielgruppe untersucht werden. Aus der Beschreibung der Stichprobe und der motori-

schen Aufgabe geht hervor, dass der Hook-Shot für viele Versuchspersonen eine neu zu lernende Bewegungstechnik darstellte. Da die Vorerfahrungen innerhalb der Mannschaften jedoch bereits in dieser Altersklasse recht unterschiedlich waren, wurde nach der Pilotuntersuchung beschlossen, die Gruppen in *Anfänger* und *Fortgeschrittene* einzuteilen. Als Kriterium zur Einteilung der Gruppen kamen verschiedene Variablen in Frage. So hätte man das Trainingsalter oder die Freiwurf-Leistung als Indikator für die basketballspezifischen Vorerfahrungen heranziehen können. Als entscheidender wurde jedoch das Lernstadium *bezüglich der motorischen Lernaufgabe* befunden (vgl. Olivier et al., 2001). Einerseits ist nicht gesagt, dass ein guter Freiwurfer auch gleichzeitig die Hook-Shot-Technik gut beherrscht, und andererseits ist ebenso denkbar, dass manche Kinder zwar mangels Kraft eine schlechte Freiwurflleistung erzielen, beim korbnahen Hook-Shot aber durchaus gut abschneiden. Beide Fälle wurden im Feld beobachtet. Aus diesen Gründen wurde die Pretest-Leistung beim unbelastet durchgeführten Hook-Shot als Kriterium herangezogen, auf Basis dessen die Gruppen über einen Mediansplit in Anfänger und Fortgeschrittene eingeteilt wurden.

4.1.7 Messzeitpunkte

Da die Wirkung eines Treatments geprüft werden sollte, lag es nahe, eine Längsschnittuntersuchung im Panel-Design durchzuführen, d. h. die Leistungen der Gruppen sollten vor und nach dem 12-wöchigen Treatment erfasst werden, um somit feststellen zu können, ob sich die Leistungen auf unterschiedliche Weise verändert hatten. Bei dieser Versuchsanordnung musste zwar mit einer gewissen Ausfallrate gerechnet werden, trotzdem wurde sie hier gegenüber einer Querschnittuntersuchung bevorzugt, da nur so eine kausale Rekonstruktion der Leistungsveränderungen gewährleistet werden konnte (Schnell et al., 1999). Auf die Erfassung der Leistung während der Trainingseinheiten (*Aneignungsleistung*) wurde aus drei Gründen verzichtet. Erstens sollte das Techniktraining unter praxisnahen Bedingungen durchgeführt werden. Eine zusätzliche Leistungserfassung hätte hier den natürlichen Trainingsablauf zu sehr gestört. Zweitens wurde bereits in einer Voruntersuchung nachgewiesen, dass das als Belastungsform eingesetzte Zirkeltraining die Ausführung während der zehnminütigen Nachbelastungsphase tatsächlich verschlechtert. Und drittens existieren bereits zahlreiche Befunde zu den Auswirkungen konditioneller Belastungen auf die Aneignungsleistung. Deshalb wurden die Erhebungszeitpunkte so gewählt, dass der Einfluss auf die *Lernleistung* ermittelt werden

konnte. Konkret heißt das, dass zu Beginn der Untersuchung ein Test der vier abhängigen Variablen „Hook-Shot unbelastet“, „Hook-Shot belastet“, „Freiwurf unbelastet“ und „Freiwurf belastet“ stattfand. Nach diesem Pretest erfolgten die 12 Trainingseinheiten des Treatments ohne Leistungserfassung. In dem auf das letzte Treatment folgenden Vereinstraining wurde dann zur Bestimmung der Lernleistung der Posttest mit den gleichen Variablen wie beim Pretest durchgeführt. Wie bereits erwähnt wurde, sollte auch die bisher wenig erforschte überdauernde Behaltensleistung der im Training geübten Technik untersucht werden. So wurden die abhängigen Variablen nach einer Pause von 4 bis 8 Wochen, in denen zwar weiterhin Vereinstraining, aber kein Treatment mehr stattfand, in einem weiteren Test, dem so genannten Retentiontest, nochmals erfasst. Aufgrund der Tatsache, dass während dieser Phase keine Kontrolle darüber bestand, inwiefern die Versuchspersonen den Wurf weiterhin übten, muss allerdings von vornherein die Aussagekraft dieses Tests eingeschränkt werden.

Der zeitliche Ablauf der Untersuchung ist in Abbildung 18 für eine einmal wöchentlich trainierende Mannschaft veranschaulicht.

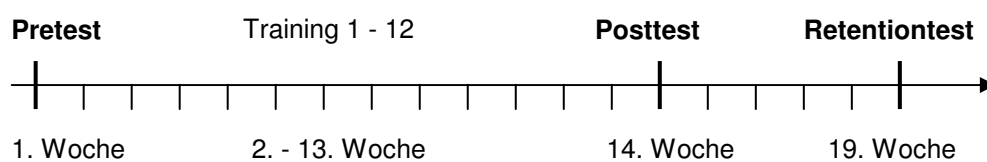


Abb. 18: Zeitlicher Ablauf der Untersuchung

4.1.8 Testtheoretische Überlegungen

Vor der endgültigen Festlegung des Untersuchungsdesigns wurden die nötigen testtheoretischen Merkmale festgelegt. Es gab keine Gründe für eine Abweichung von den üblichen Signifikanzniveaus. Somit wurde der α -Fehler auf 5% und der β -Fehler auf 20% festgelegt (Bortz, 1999). Da sich bei großen Stichproben auch sehr kleine, für die Praxis unbedeutende Effekte als statistisch signifikant erweisen können, oder, im umgekehrten Fall, bei kleinen Stichproben auch praxisrelevante Effekte nicht statistisch signifikant werden können (Conzelmann, 1999), wurde bereits im Voraus abgewogen, welche Merkmalsdifferenzen von praktischer Bedeutung sind. Zur Abschätzung der Effektgröße und der Merkmalsstreuung wurden die Ergebnisse der Pilotstudie herangezogen. Es zeigte sich, dass trotz der Feldbedingungen durchaus mit deutlichen Gruppenunterschie-

den zu rechnen war. Deshalb wurde die für Varianzanalysen als groß eingestufte Effektstärke von 0,4 zur Bestimmung des optimalen Stichprobenumfangs herangezogen (Cohen, 1977). Bei der angestrebten Teststärke von 0,8 ergab sich eine optimale Stichprobengröße von 26 Versuchspersonen pro Zelle (Cohen, 1977). Da 4 Gruppen zu vergleichen waren (2 Treatments und 2 Lernstadien), wurden somit insgesamt 104 Probanden benötigt.

4.1.9 Zusammenfassung des Untersuchungsdesigns

In Tabelle 9 ist das Untersuchungsdesign nochmals im Überblick dargestellt.

Tab. 9: *Untersuchungsdesign*

Versuchspersonen	104 Vereins-Basketballspieler (10-12 Jahre)	
Abhängige Variablen	Hook-Shot-Leistung unbelastet	
	Hook-Shot-Leistung belastet	
	Freiwurfleistung unbelastet	
	Freiwurfleistung belastet	
Unabhängige Variablen	Treatment (2-fach gestuft)	12 TE: 10 min Techniktraining Hook-Shot 10 min Zirkeltraining (Ruhegruppe)
		12 TE: 10 min Zirkeltraining 10 min Techniktraining Hook-Shot (Belastungsgruppe)
	Lernstadium (2-fach gestuft)	Anfänger
		Fortgeschrittene
	Messzeitpunkt (3-fach gestuft)	Pretest
		Posttest
		Retentiontest

4.2 Umsetzung des Untersuchungsdesigns

4.2.1 Stichprobe der Untersuchung

Während die Überlegungen zur Stichprobe bisher nur theoretischer Natur waren, werden im Folgenden nun die Angaben zur tatsächlichen Stichprobe zusammengestellt.

4.2.1.1 Rekrutierung der Stichprobe

Aufgrund der ermittelten Stichprobengröße von über 100 Personen war klar, dass es nicht genügte, die Untersuchung mit einer einzigen Mannschaft durchzuführen, sondern dass bei einer durchschnittlichen Teamgröße von etwa 10 bis 15 Spielern mehrere Mannschaften für die Untersuchung gewonnen werden mussten. Da nicht zu erwarten

war, dass regionale Einflüsse auf das Lernverhalten bestehen, wurden die Teams aus der Augsburger Umgebung rekrutiert. Der Selektionsprozess erfolgte über eine Liste des Bayerischen Basketball-Verbands mit allen 22 schwäbischen Vereinen, bei denen D-Jugend-Mannschaften am Spielbetrieb teilnahmen. Die Auswahl der zu untersuchenden Mannschaften erfolgte nicht zufällig, sondern orientierte sich an ökonomischen Gesichtspunkten wie der Erreichbarkeit der Trainingsstätten (kurze Entfernung) und den Trainingszeiten. Denn es sollten möglichst zwei Teams im gleichen Zeitraum trainiert werden, so dass die Gesamtuntersuchung innerhalb einer Saison durchführbar war. Die Kontaktaufnahme erfolgte zunächst über die Trainer der jeweiligen Jugendmannschaften. Dadurch dass die Untersuchung während des normalen Mannschaftstrainings in der laufenden Saison abgehalten werden sollte, mussten einige durchaus berechtigte Einwände von Trainern ausgeräumt werden. Da die Trainer glücklicherweise auch im Jugendbereich bereits über eine gute Qualifizierung verfügten, hatten die meisten auch einen zumindest groben Trainingsplan für die Saison erstellt. Deshalb war es manchen Trainern trotz des grundsätzlichen Verständnisses für die Untersuchung nicht recht, wenn das Treatment beispielsweise in der Vorbereitungsperiode oder vor „wichtigen“ Spielen erfolgen sollte. Ein weiterer von Trainern häufig genannter Vorbehalt bestand darin, dass der Hook-Shot in dieser Altersklasse normalerweise noch nicht trainiert wird. Die Trainer konnten jedoch überzeugt werden, dass das Beherrschen des Hook-Shots bereits für ihre Spieler durchaus nützlich sein kann oder, im Minimalfall, dass es auf keinen Fall schadet, diesen Wurf zu lernen. Außerdem äußerten die Trainer größtenteils Verständnis dafür, dass für eine wissenschaftliche Untersuchung gewisse Zugeständnisse erforderlich sind. Durch Absprache von passenden Zeiträumen gelang es somit, *alle angesprochenen* Trainer für die Teilnahme an der Untersuchung zu gewinnen. Alle Spieler der teilnehmenden Mannschaften erhielten Informationen zum Ziel und zum Ablauf der Untersuchung und nahmen daraufhin geschlossen am Experiment teil. Dies bedeutet, dass kein unkontrollierbarer Selektionsprozess stattfand, da alle für die Stichprobe ausgewählten Versuchspersonen tatsächlich am Experiment partizipierten.

4.2.1.2 Trainings- und Testteilnahme

Die Untersuchung wurde schließlich mit 9 D-Jugend-Basketball-Mannschaften aus der Region Augsburg durchgeführt. Dabei handelte es sich um 5 reine Jungenmannschaften, 2 reine Mädchenmannschaften und 2 Jungenmannschaften, bei denen jeweils ein Mäd-

chen mitspielte. In einem Fall trainierte die D-Jugend gemeinsam mit der C-Jugend. Damit nahmen an der Studie 91 Jungen und 27 Mädchen teil. Das Durchschnittsalter lag bei 12,3 ($s=\pm 1,0$) Jahren und war damit etwas höher als ursprünglich geplant. Hierbei ist zu konstatieren, dass einige der älteren Versuchsteilnehmer bereits in der Pubertätsphase waren.

Von den 118 Spielern im Pretest nahmen am Posttest noch 81 Spieler teil. Der Retentionstest konnte bei 2 Mannschaften nicht durchgeführt werden, da die Mannschaften aufgrund des Saisonendes nicht mehr gemeinsam trainierten. Eine Mannschaft hatte sich zwischen Posttest und Retentionstest aufgelöst. Somit nahmen an allen 3 Messzeitpunkten 44 Spieler bei den unbelasteten Würfeln teil und, aufgrund einer Verletzung eines Spielers, 43 Spieler bei den belasteten Würfeln. Es wurden insgesamt 88 Trainings durchgeführt, bei denen durchschnittlich 9 Spieler anwesend waren.

In Tabelle 10 sind diese statistischen Daten für alle Mannschaften im Überblick dargestellt.

Tab. 10: *Trainings- und Testteilnahme der einzelnen Mannschaften*

Verein	Teilnehmer Pretest	Teilnehmer Posttest	Teilnehmer Retention- test	Anzahl Trainings- einheiten	Durchschn. Anzahl Trainierende	Alters- durch- schnitt
DJK Augsburg Nord	10	7	7	9	7	12,3
SF Friedberg	13	11	0	11	11	12,1
TSV Diedorf	14	13	9	10	11	11,9
TSV Gersthofen (männlich)	12	10	6	10	8	12,3
TSV Gersthofen (weiblich)	9	5	0	10	5	12,6
TSV Königsbrunn (männlich)	15	2	0	8	8	12,5
TSV Königsbrunn (weiblich)	15	13	5	10	11	12,2
BG Leitershofen/ Stadtbergen	14	8	6	10	9	12,4
TSV Schwaben Augsburg	16	12	11	10	11	12,5
alle Mannschaften	118	81	44	88	9	12,3

Die durchschnittliche Trainingsteilnahme pro Spieler betrug insgesamt 7,54 ($s=\pm 1,82$) Trainingseinheiten bei Spielern, die am Pre- und Posttest teilnahmen, bzw. 7,80 ($s=\pm 1,77$) Trainingseinheiten bei Spielern, die an allen 3 Tests teilnahmen.

4.2.1.3 Dropout-Analyse

Da es sich in der vorliegenden Untersuchung um eine Feldstudie handelte, musste bereits im Vorfeld eine gewisse Dropout-Rate befürchtet werden. Deshalb wurden mit 118 Spielern mehr Spieler rekrutiert als die Berechnung der optimalen Stichprobengröße ergeben hatte ($n=104$). Von diesen Spielern nahmen am Posttest, wie oben beschrieben (C4.2.1.2) jedoch nur noch 81 Spieler teil⁶. Damit betrug die Dropout-Rate 31%. Bis zum Retentiontest schrumpfte die Stichprobe sogar fast nochmals um die Hälfte, so dass mit 44 Spielern nur noch 37% der ursprünglichen Stichprobe zur Verfügung standen. Diese Dropout-Rate war letztlich höher als erwartet und hatte zur Folge, dass die Teststärke der Hypothesentests sank. Dies muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Des Weiteren muss beachtet werden, dass bei deskriptiven Ergebnissen die Werte der einzelnen Variablen bei den gleichen Tests variieren können, je nachdem, ob es sich um Auswertungen einzelner Testzeitpunkte, den Vergleich zweier Testzeitpunkte oder aller drei Testzeitpunkte handelt.

Bei der Suche nach Ursachen für die große Ausfallquote, erscheint der lange Untersuchungszeitraum als das Hauptproblem. Je nachdem, ob die Mannschaften ein- oder zweimal pro Woche trainierten, ergab sich für das Treatment einschließlich Pre- und Posttest ein Untersuchungszeitraum von 7 bis 14 Wochen. Dieser verlängerte sich manchmal noch durch Feiertage und Ferienzeiten, in denen aufgrund von Hallenschließungen kein Mannschaftstraining stattfand. Einige Jugendliche schieden während dieser Zeit aus unterschiedlichsten Gründen aus der Mannschaft aus. Motive dafür waren beispielsweise Vereinswechsel, Wechsel zu einer anderen Sportart oder Schulprobleme. Ein weiteres Problem bestand darin, dass Spieler, die sonst relativ regelmäßig am Training teilgenommen hatten, wegen Krankheit, Verletzung und diverser anderer Gründe (z. B. Geburtstagsfeier, Schulausflug) am Tag des Posttests fehlten. Waren bei einer Mannschaft beim Posttest mehr als 2 Spieler abwesend, die grundsätzlich noch im Team waren, wurde der Test für diese Spieler beim nächsten Training nochmals angeboten. Ein systematischer Dropout schlechterer Spieler fand vom Pre- zum Posttest nicht statt (s. Tab. 11). In den unbelasteten Würfeln waren die heraus fallenden Spieler zwar etwas schlechter, bei den belasteten Würfeln waren sie dagegen sogar etwas besser.

Tab. 11: *Vergleich der Leistungen im Pretest von Spielern, die am Posttest teilnahmen, mit den Dropouts*

	Teilnahme am Posttest	n	\bar{x} Pretest	s	p
Hook-Shot unbelastet	ja	78	6,89	2,42	,309
	nein	37	6,35	2,56	
Hook-Shot belastet	ja	78	6,74	2,48	,854
	nein	37	6,82	2,82	
Freiwurf unbelastet	ja	81	9,13	2,15	,291
	nein	36	8,62	2,85	
Freiwurf belastet	ja	81	8,35	2,35	,787
	nein	36	8,49	2,78	

Auch bei der Analyse der Dropout-Raten bezüglich der Treatmentgruppen ist grundsätzlich kein systematischer Hintergrund erkennbar. In der Belastungsgruppe betrug der Dropout vom Pretest zum Posttest 16 Spieler (27%), in der Ruhegruppe 21 Spieler (36%). Vom Posttest zum Retentiontest fielen aus der Belastungsgruppe nochmals 18 Spieler (45%), aus der Ruhegruppe 16 Spieler (43%) heraus.

4.2.1.4 Überprüfung auf Testverfälschungen

Statistische Ausreißer

Nach der Datenerhebung wurde zunächst analysiert, ob einzelne Werte stark von den restlichen Daten abwichen, so dass sie das Ergebnis verfälschen würden. Dazu wurde der Ausreißertest von Grubbs (Hartung, 1987) auf alle abhängigen Variablen bei allen Tests angewendet. Ein Spieler traf bei den 15 unbelastet durchgeführten Hook-Shots im Posttest nur ein einziges Mal den Außenring. Dieser Wert (0,28 Punkte) war so gering, dass er dem Ausreißertest nicht stand hielt und deshalb eliminiert wurde (s. Abb. 19).

Auch der Freiwurfwert dieses Spielers im gleichen Test stellte mit 1,12 Punkten einen Ausreißer dar. Alle übrigen Testergebnisse waren im statistischen Sinne keine Ausreißer und wurden somit bei den Auswertungen berücksichtigt.

⁶ Aufgrund der Ausreißerbereinigung ergeben sich bei manchen Merkmalen allerdings noch weniger gültige Werte (vgl. A4.2.1.4).

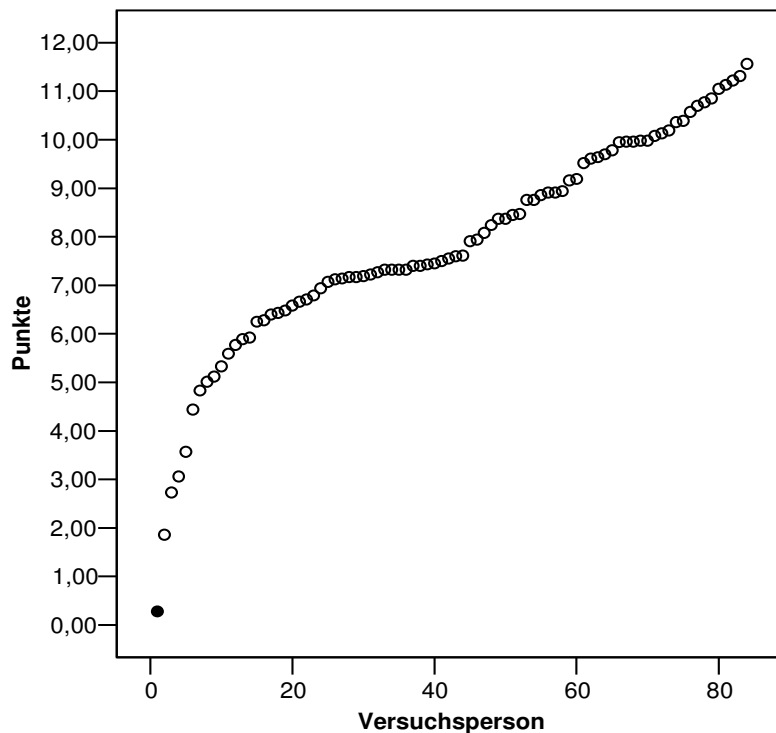


Abb. 19: Streudiagramm der unbelasteten Hook-Shots im Posttest. Der Ausreißer ist schwarz markiert.

Plausibilitätsprüfung

Neben diesem statistischen Test folgte noch eine Überprüfung der Plausibilität der gewonnenen Daten. Da grundsätzlich eher zu erwarten war, dass sich die Hook-Shot-Leistungen vom Pre- zum Posttest verbessern würden, wurde bei negativen Lernleistungen anhand der bei den Tests erstellten Videodaten die korrekte Versuchsdurchführung kontrolliert. Dabei stellte sich heraus, dass zwei Spieler im Pretest die Technik-Kriterien des Hook-Shots nicht erfüllten. Die Spieler drehten sich bei den Würfeln zum Korb, was eine große Erleichterung darstellte. So konnten sie im Pretest ungerechtfertigt gute Wurfsergebnisse erzielen, die im Posttest, als die richtige Technik ausgeführt wurde, nicht wieder erreichbar waren. Um einer Verfälschung der Ergebnisse vorzubeugen, wurden diese beiden Spieler bei den Hook-Shots aus der Wertung genommen. Ein anderer Spieler führte die Würfel im Pretest mit der rechten Hand, im Post- und Retentiontest dagegen mit der linken Hand durch. Da auch hier mit unplausiblen Daten zu rechnen war, wurde dieser Spieler bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Größere negative Werte traten ansonsten hauptsächlich bei Spielern auf, die im Pretest sehr gute Leistungen erzielten, diese aber im Posttest nicht reproduzieren konnten. Dies ist nachvollziehbar, deswegen wurden diese Spieler weiterhin berücksichtigt.

Nach diesem Ausreißer- und Plausibilitätstest wurden die Testdaten also reduziert (s. Tab. 12). Dies hat zur Folge, dass die Anzahl der verbleibenden gültigen Werte bei den drei Tests für die einzelnen Wurfarten variieren kann.

Tab. 12: *Anzahl der gültigen Werte der abhängigen Variablen zu den drei Messzeitpunkten*

	Pretest	Pre- und Posttest	Pre-, Post- und Retentiontest
	n	n	n
Hook-Shot unbelastet	115	77	42
Hook-Shot belastet	115	78	42
Freiwurf unbelastet	117	79	42
Freiwurf belastet	117	80	42

4.2.1.5 Gruppeneinteilung

Treatmentgruppen

Aufgrund der Leistung im Pretest wurden die Spieler jeder Mannschaft in die zwei Treatmentgruppen *Ruhegruppe* und *Belastungsgruppe* eingeteilt. Angestrebt wurde eine bestmögliche Parallelisierung der Gruppen bezüglich der beiden zentralen abhängigen Variablen: den Hook-Shots in unbelastetem und belastetem Zustand. Die Parallelisierung bezüglich der Freiwürfe wurde aufgrund der geringeren Relevanz für die Untersuchung als nachrangig betrachtet. Von den 118 Versuchspersonen wurden 60 der Belastungsgruppe und 58 der Ruhegruppe zugeordnet. Da die Untersuchung in mehreren Wellen durchgeführt wurde, konnte bei der Gruppeneinteilung innerhalb einer Mannschaft bereits auf die Dropouts der vorigen Mannschaften reagiert werden, so dass es gelang, ein sehr homogenes Ausgangsniveau in der Hook-Shot-Leistung für die Spieler beider Treatmentgruppen, die am Pre- und Posttest teilnahmen, zu erhalten (s. Tab. 13).

Tab. 13: *Vergleich der Wurfleistungen der Treatmentgruppen im Pretest*

	Treatmentgruppe	n	\bar{x}	s	p
Hook-Shot unbelastet	Belastungsgruppe	42	6,95	2,48	,928
	Ruhegruppe	37	6,87	2,42	
Hook-Shot belastet	Belastungsgruppe	42	6,69	2,42	,831
	Ruhegruppe	37	6,81	2,57	
Freiwurf unbelastet	Belastungsgruppe	44	9,03	2,26	,367
	Ruhegruppe	37	9,45	1,86	
Freiwurf belastet	Belastungsgruppe	44	8,01	2,53	,160
	Ruhegruppe	37	8,76	2,12	

Lernstadium

Die Gruppeneinteilung bezüglich des Lernstadiums wurde wie beschrieben nach Abschluss des Experiments vorgenommen. Als Trennkriterium wurde der Median der Leistung im unbelasteten Hook-Shot im Pretest herangezogen. Der Median lag sowohl für die 80 Spieler, die am Pre- und Posttest teilnahmen, als auch für die 43 Spieler, die auch am Retentiontest teilnahmen, bei 6,51 Punkten (s. Tab. 14).

Tab. 14: *Statistische Kennwerte beim unbelasteten Hook-Shot im Pretest*

Hook-Shot unbelastet	Stichprobe Pre- und Posttest	Stichprobe Pre-, Post- und Retentiontest
N	80	43
Mittelwert	6,96	6,79
Median	6,51	6,51
Standardabweichung	2,47	2,43
Minimum	1,30	1,30
Maximum	12,51	11,56

Der Mediansplit führte dazu, dass für alle Auswertungen, die die ersten beiden Messzeitpunkte betreffen, 40 Spieler in die Gruppe der Anfänger und 40 Spieler in die Gruppe der Fortgeschrittenen eingeteilt wurden. Für die Auswertungen über alle drei Messzeitpunkte gehörten 21 Spieler den Anfängern und 22 Spieler den Fortgeschrittenen an. Die durchschnittliche Pretest-Leistung im unbelasteten Hook-Shot betrug bei den Spielern, die im Pre- und Posttest anwesend waren, bei den Anfängern 5,02 ($s=\pm 1,46$) Punkte und bei den Fortgeschrittenen 8,75 ($s=\pm 1,65$) Punkte. Die ausgewogene Parallelisierung bezüglich der Treatmentgruppen blieb auch für die nach Lernstadium eingeteilten Untergruppen weitestgehend erhalten (s. Abb. 20).

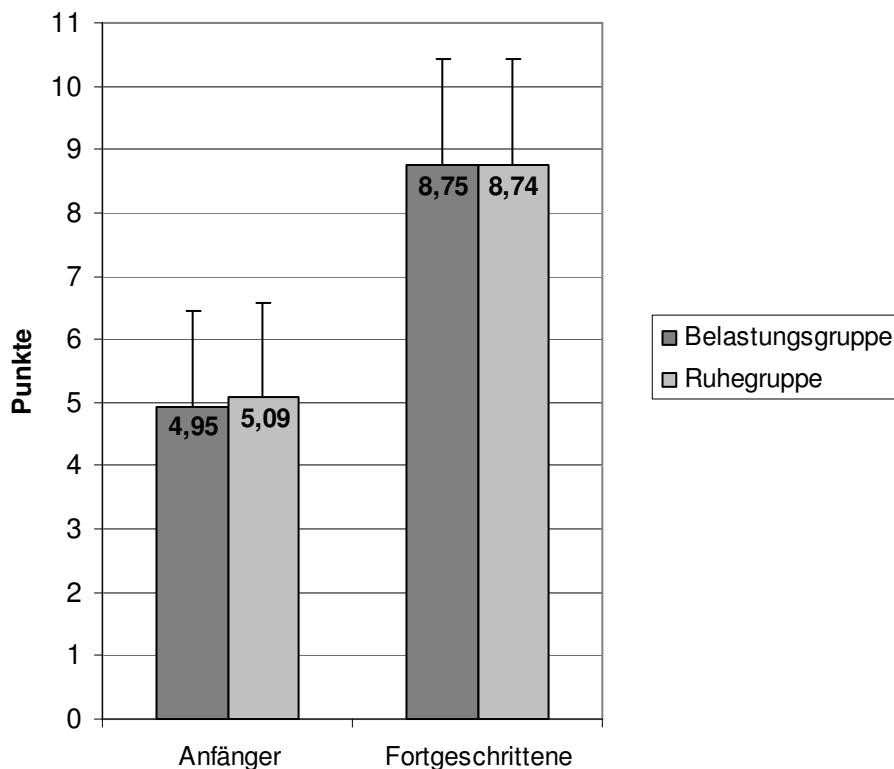


Abb. 20: Pretest-Leistungen im unbelasteten Hook-Shot bei Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und der Ruhegruppe

Diese Einteilung in Lernstadien erfolgte, wie soeben beschrieben, rein statistisch. Die Videoanalyse der Spieler im Pretest bestätigte jedoch, dass nach inhaltlichen Gesichtspunkten die Verwendung der Begriffe „Anfänger“ und „Fortgeschrittene“ für die erhaltenen Gruppen durchaus vertretbar ist.

Durch die Parallelisierung über den Mediansplit bezüglich der unbelasteten Hook-Shot-Leistung im Pretest konnte also die nötige Voraussetzung homogener Ausgangswerte für die statistischen Analysen von Leistungsveränderungen geschaffen werden.

4.2.2 Durchführung

Im Folgenden wird beschrieben, wie das Untersuchungsdesign im Feld implementiert wurde. Wie zu erwarten, war dies aufgrund der vorgestellten Forschungsstrategie einer Felduntersuchung mit einem relativ hohen praktischen Aufwand verbunden (Schnell et al., 1999).

4.2.2.1 Ablauf der gesamten Untersuchung

Da die Untersuchung nicht mit allen Mannschaften gleichzeitig erfolgen konnte, wurde sie in mehreren Untersuchungswellen durchgeführt. Je nachdem, wie die Trainingszeiten der einzelnen Teams verteilt waren, konnten bis zu zwei oder drei Mannschaften gleichzeitig vom Pretest bis zum Posttest begleitet werden, bevor die nächsten Teams trainiert wurden. Dieses Vorgehen ermöglichte unter anderem, auf die hohe Dropout-Rate zu reagieren, indem zu den ursprünglich geplanten Mannschaften noch eine weitere hinzugenommen wurde. Außerdem konnte die Untersuchung mit der ersten Mannschaft als Pilotstudie gestaltet werden.

Gemäß den Erfordernissen einer Felduntersuchung wurden die einzelnen Mannschaften an ihren speziellen Trainingsorten aufgesucht. Das spezielle Equipment, das für die Untersuchung benötigt wurde (z. B. Medizinbälle, Thera-Bänder, Videokameras etc.), wurde zu jeder Trainingseinheit zu den Hallen transportiert.

Pilotstudie

Vor dem Einstieg in die feldexperimentelle Großuntersuchung wurde es als sinnvoll erachtet, in einer Pilotstudie das gesamte forschungsmethodische Inventar auf seine Praxistauglichkeit zu prüfen. Im Vordergrund standen dabei nicht nur Fragen der Organisation und Durchführung, sondern es sollte vor allem auch die Gelegenheit eingeräumt werden, Revisionen sowohl bei den Treatments als auch bei der Operationalisierung der Messvariablen vorzunehmen. Die Pilotstudie wurde mit 13 Basketballspielern einer D-Jugend-Mannschaft durchgeführt. Der Untersuchungsablauf erfolgte gemäß dem Untersuchungsdesign. Eine Ausnahme stellte der Zwischentest dar, der nach dem Absolvieren von 6 Trainingseinheiten durchgeführt wurde. Nach Beendigung des Experiments wurden einige Folgerungen für die Hauptstudie gezogen.

Folgerungen für die Hauptstudie

1. Entgegen der ursprünglichen Annahme zeigte sich, dass bei D-Jugend-Vereinsmannschaften nicht von einem homogenen niedrigen Eingangsniveau für den neu zu erlernenden Hakenwurf ausgegangen werden durfte. Deshalb wurde beschlossen, die Spieler ex post in 2 Könnensstadien zu gruppieren, um so differenziertere Aussagen über die Auswirkungen konditioneller Belastungen auf die Lernleistung machen zu können.

2. Beim Pretest muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Technikkriterien des Hook-Shots erfüllt sind. Denn wenn die Spieler aus der kurzen Entfernung (1,5 Meter) mit einem abgewandelten Wurf auf den Korb werfen, treffen sie sehr häufig und verfälschen damit die Ausgangswerte. Der Versuchsleiter muss deshalb Würfe, die nicht der Hook-Shot-Technik entsprechen, wiederholen lassen.
3. Da die Motivation der Spieler mit der Dauer der Untersuchung deutlich nachließ, musste auch hier gegengesteuert werden. Für die Tests wurde deshalb vorgesehen, eine sofortige Rückmeldung über die Trefferanzahl zu geben, die zwar nicht für das Untersuchungsergebnis relevant ist, für die Kinder aber ein ganz wichtiges Leistungskriterium darstellt.
4. Für eine bessere Motivation beim Zirkeltraining wurde beschlossen, eine Leistungskarte anzulegen, auf der die Spieler ihre jeweiligen Wiederholungszahlen notieren. Somit war es möglich, Feedback über ihre Trainingsfortschritte anzubieten. Um Fehlbelastungen zu vermeiden, wurde eine Hilfskraft eingesetzt, die kontrollierte, dass die Bewegungsaufgaben an den einzelnen Stationen korrekt durchgeführt wurden. Zusätzlich sorgte sie durch verbale Motivation dafür, dass die Kinder sich entsprechend ihrer Möglichkeiten anstrebten. Außerdem wurde das Zirkeltraining mit aktueller Rock-Musik begleitet.

Das Ableiten dieser Maßnahmen aus der Pilotstudie war für die Hauptstudie durchaus nützlich. Andererseits traten während des Untersuchungsablaufs der Pilotstudie keine gravierenderen Probleme auf, die Korrekturen des Treatments oder der Messinstrumente nötig gemacht hätten. Deshalb wurde beschlossen, die Daten der Pilotstudie in der Hauptuntersuchung zu berücksichtigen.

Hauptstudie

Die Hauptstudie fand im Zeitraum der Basketball-Saison 2003/2004 statt. In Tabelle 15 sind die Untersuchungszeiträume der einzelnen Mannschaften aufgelistet.

Tab. 15: *Untersuchungszeiträume der einzelnen Mannschaften*

Verein	Trainingseinheiten/Woche	Datum Pretest	Datum Posttest	Datum Retentiontest
SF Friedberg (Pilot)	2	05.02.2003	04.04.2003	/ (Saisonende)
DJK Augsburg Nord	2	10.09.2003	22.10.2003	17.12.2003
TSV Königsbrunn (weiblich)	2	11.09.2003	21.10.2003	02.12.2003
TSV Diedorf	anfangs 2 später 1	05.11.2003	11.02.2004	17.03.2004
TSV Schwaben Augsburg	1	06.11.2003	05.02.2004	25.03.2004
TSV Gersthofen (männlich)	1	07.11.2003	13.02.2004	26.03.2004
TSV Gersthofen (weiblich)	1	07.11.2003	13.02.2004	/ (Mannschaft aufgelöst)
BG Leitershofen/ Stadtbergen	1	09.01.2004	02.04.2004	30.04.2004
TSV Königsbrunn (männlich)	1	12.02.2004	27.05.2004	/ (Saisonende)

Der Untersuchungsablauf war prinzipiell in jeder Erhebungswelle gleich. Das Treatment sollte, wie oben beschrieben, 12 Mal wiederholt werden (s. 0). Hier offenbarten sich jedoch die Begleiterscheinungen einer Felduntersuchung. Da das Training aus unterschiedlichsten Gründen (s. 4.2.1.3) bei fast allen Mannschaften hin und wieder ausfiel, kamen pro Team im Schnitt nur 10 Treatmenteinheiten zustande. Eine Verlängerung der Treatments scheiterte zumeist daran, dass dann der Posttest direkt nach bis zu zweiwöchigen Schulferien hätte stattfinden müssen, was die Ergebnisse sicher mehr beeinträchtigt hätte als der Wegfall von ein bis zwei Trainingseinheiten.

4.2.2.2 Ablauf einer Untersuchungswelle

Pretest

Am ersten Versuchstag wurde ein Pretest durchgeführt, um die Eingangsleistung der beiden Wurftechniken Hook-Shot und Freiwurf jeweils im unbelasteten und im belasteten Zustand zu bestimmen. Außerdem dienten die Testergebnisse im unbelasteten Hook-Shot wie oben beschrieben (C4.2.1.5) zur Parallelisierung der Treatmentgruppen.

Der Ablauf im Pretest war folgender: Zunächst wurde den Spielern der Sinn und Zweck der Untersuchung sowie der geplante Ablauf nahe gebracht. Dann erfolgte eine Video-demonstration der motorischen Lernaufgabe „Hook-Shot“. In sequentieller Abfolge

führte je ein Spieler die unbelasteten Hook-Shots und Freiwürfe laut oben beschriebem Zielwurftest (s. 4.1.5.3) am ersten Korb durch, wechselte dann zum Zirkeltraining und führte in direktem Anschluss am zweiten Korb den aus 15 Hook-Shots und 15 Freiwürfen bestehenden Zielwurftest nochmals durch (s. Abb. 21). Sowohl am ersten als auch am zweiten Korb stand ein Protokollant, der die Wurf Ergebnisse notierte. Zur Absicherung bei eventuellen Protokollierungslücken bzw. -fehlern wurden die Tests über zwei Videokameras aufgezeichnet.

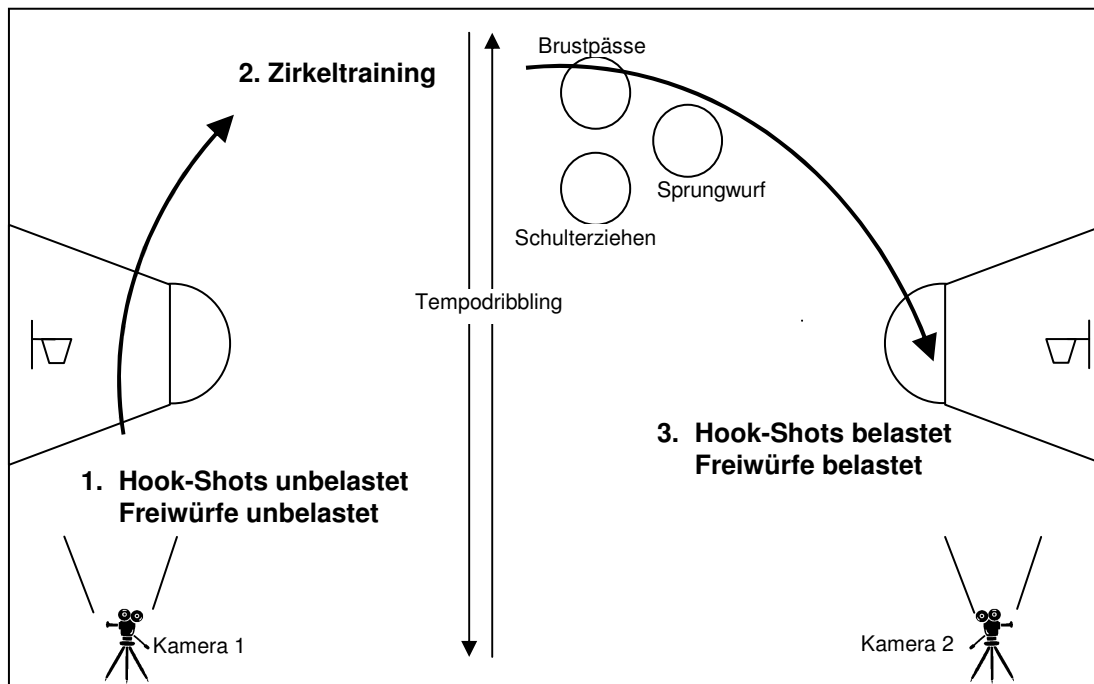


Abb. 21: Schematischer Testablauf beim Pre- und Posttest

Der Spieler, der als nächstes an der Reihe war, führte am ersten Korb für den vor ihm werfenden Spieler Rebounds durch. So konnte sich dieser Spieler einerseits mit der Testsituation vertraut machen. Andererseits wurde somit sichergestellt, dass der Spieler sich in einem leicht aufgewärmten, aber ausgeruhten Beanspruchungszustand befand. Die anderen Spieler wurden vom jeweiligen Trainer mit leichten Übungsformen mit möglichst geringer Belastung beschäftigt.

Treatment

In den auf den Pretest folgenden Trainingseinheiten wurde immer zu Beginn das oben beschriebene Treatment (s. 4.1.4) durchgeführt. Der Ablauf innerhalb des Trainings ist für die beiden Treatmentgruppen in Abbildung 22 skizziert.

Ruhegruppe	Aufwärmen	Hook-Shot-Training	Zirkeltraining
Belastungsgruppe		Zirkeltraining	Hook-Shot-Training
	5 min	10 min	10 min

Abb. 22: Ablauf einer Trainingseinheit

Die Ruhegruppe und die Belastungsgruppe wärmten sich 5 Minuten lang gemeinsam auf. Das Aufwärmen bestand aus einem in leichtem Trab durchgeführten Korbwurfzirkel, bei dem auf jeden in der Halle zur Verfügung stehenden Korb geworfen wurde. Nach zweieinhalb Minuten wurde die Richtung gewechselt. Anschließend begab sich die Ruhegruppe zum unter C4.1.4.2 vorgestellten Hook-Shot-Training, das von der Versuchsleiterin gehalten wurde. Die Spieler der Belastungsgruppe bekamen ihre Leistungskarten ausgehändigt und begaben sich zum Zirkeltraining, das von einer Hilfskraft beaufsichtigt wurde. Wenn die Spieler nach 10 Minuten alle Stationen des Zirkeltrainings zweimal durchlaufen hatten, wurde auch das Techniktraining beendet, und die zwei Gruppen tauschten ohne Pause die Plätze. In den folgenden 10 Minuten führte die Ruhegruppe das Zirkeltraining und die Belastungsgruppe genau das gleiche Techniktraining wie zuvor die Ruhegruppe durch.

Posttest

Nach den Trainingseinheiten des Treatments wurde im nächsten anstehenden Mannschaftstraining der Posttest durchgeführt. Bei der Betrachtung der Resultate der nach dem Zirkeltraining durchgeführten Würfe muss beachtet werden, dass durch das häufige Training eine Adaptation an die Belastung des Zirkeltrainings stattgefunden hat. In Abbildung 23 ist der durchschnittliche Leistungsverlauf im Zirkeltraining über 10 Trainingseinheiten dargestellt. Während nach den ersten Trainingseinheiten bei den meisten Übungen eine deutliche Leistungszunahme zu erkennen war, stagnierte die Leistung im weiteren Verlauf und nahm bei der Sprungwurfsimulation mit den Medizinbällen gegen Ende sogar wieder leicht ab. Dies wird auf eine etwas nachlassende Anstrengungsbereitschaft gegen Ende des Untersuchungszeitraums zurückgeführt.

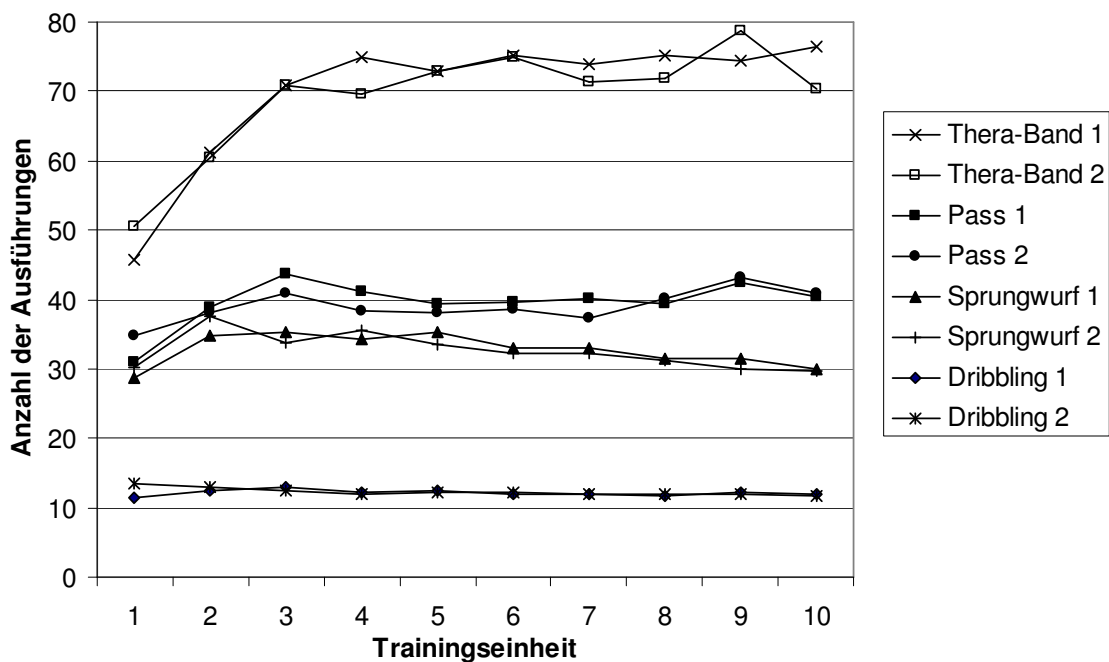


Abb. 23: Leistungsverlauf im Zirkeltraining. Die Ziffern 1 bzw. 2 bezeichnen den 1. bzw. 2. Durchgang der jeweiligen Station.

Bis auf die fehlende anfängliche Demonstration des Hook-Shots lief der Posttest identisch mit dem Pretest ab.

Retentiontest

In der vier- bis achtwöchigen Pause bis zum Retentiontest nahmen die Spieler an ihrem normalen Mannschaftstraining teil. Eine Reduzierung der internen Validität dieses Messzeitpunkts wurde in Kauf genommen, indem den Trainern keine Vorgaben gemacht wurden, ob sie den Hook-Shot weiter trainierten oder nicht.

Auch der Retentiontest lief nach dem gleichen Schema wie der Pre- und Posttest ab. Bei der Durchführung bestand allerdings eine gewisse Schwierigkeit darin, die Spieler für eine nochmalige Testteilnahme entsprechend zu motivieren.

4.2.2.3 Durchführungsprobleme

Bei der Implementierung der Untersuchung in der Praxis traten einige Unwägbarkeiten auf, die teilweise ausgeräumt werden konnten, die aber teilweise auch hingenommen werden mussten. Die Gründe für viele Schwierigkeiten basierten hauptsächlich auf der Tatsache, dass die Untersuchung im Feld stattfand. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Aspekt ist, dass hier, im Gegensatz zu vielen anderen Experimenten mit einer derar-

tigen Problematik, die Versuchspersonen keine Erwachsenen, sondern Kinder mit all den ihnen innewohnenden Eigenschaften waren, die für einen reibungslosen Ablauf einer wissenschaftlichen Untersuchung als nicht ausschließlich positiv zu bezeichnen sind.

Testdurchführung

Bei der Durchführung der Tests traten einige Störungen auf, die sicherlich Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Während einige Spieler durch die Prüfungssituation besonders motiviert waren („hier kann man zeigen, was man drauf hat“), schienen die meisten Spieler durch die ungewohnte Testumgebung, beispielsweise durch die laufenden Videokameras, eher etwas gehemmt zu sein. Wie unterschiedlich die Kinder mit einer derartigen Situation umgingen, zeigt eine kleine Aufstellung beobachteter Verhaltensweisen:

- manche Kinder waren sehr ehrgeizig,
- v. a. Jungen legten eine übertriebene Coolness an den Tag,
- einige Spieler störten bewusst ihre Mitspieler, z. B. durch Hänkeln bei Fehlwürfen oder durch Dazwischenwerfen von Bällen.

In Anbetracht der folgenden Aspekte ist trotzdem davon auszugehen, dass die so ermittelten Daten valide Ergebnisse hervorbrachten:

- die Stichprobe war mit über 100 Versuchspersonen recht groß
- die Störungen traten nicht systematisch bei einer bestimmten Gruppe auf
- es handelte sich um eine Längsschnittuntersuchung, wodurch damit zu rechnen war, dass intraindividuelle Eigenschaften zu allen Messzeitpunkten gleichermaßen erhoben wurden.

Aufgrund der Erfahrung im Zwischentest der Pilotstudie wurde beschlossen, Tests nicht am letzten Tag vor den Ferien durchzuführen. Einerseits waren manche Kinder bereits in den Urlaub gefahren, andererseits wirkten viele Kinder recht unkonzentriert. Deshalb wurde es in Kauf genommen, die Anzahl der ursprünglich geplanten Treatments zu reduzieren, falls der Posttest sonst auf einen solch ungünstigen Termin fallen sollte.

Trainingsdurchführung

Auch bei der Durchführung der Treatments mussten einige Probleme bewältigt werden. So war es z. B. nicht möglich, bei Mannschaften, die nur einmal wöchentlich trainierten,

einen zusammenhängenden Trainingszeitraum von 12 Wochen (bzw. 14 Wochen incl. Tests) ohne Unterbrechungen durch Schulferien zu finden. Bei der Trainingsplanung wurden einwöchige Pausen noch in Kauf genommen. Bei längeren Unterbrechungen wurde versucht, den Untersuchungszeitraum direkt nach Ferien beginnen zu lassen bzw. kurz vor den Ferien enden zu lassen. Aus diversen weiteren Gründen (z. B. Wasserschaden in der Halle, Bestuhlung für schulische Veranstaltung, Trainingsausfall wegen Punktspiel, Weihnachtsmarkt in der Halle, usw.) waren Trainingsausfälle zu verzeichnen, die darin resultierten, dass die Anzahl der angebotenen Treatmenteinheiten pro Untersuchungswelle teilweise vermindert war. Zu diesen generellen Trainingsausfällen, die die gesamte Mannschaft betrafen, kamen natürlich noch die Ausfälle von Treatments bei einzelnen Spielern, die aus persönlichen Gründen nicht immer am Training teilnahmen. Dies hatte zur Folge, dass die durchschnittliche Trainingsteilnahme pro Spieler insgesamt nur knapp 8 Trainingseinheiten betrug (vgl. 4.2.1.2).

Während die Motivation zur Teilnahme am Hook-Shot-Training relativ unproblematisch war, so muss doch betont werden, dass es für den ein oder anderen Spieler eine große Überwindung darstellte, bei dem anstrengenden Zirkeltraining mitzumachen. Somit ist auch nicht auszuschließen, dass manche Angehörige der Belastungsgruppe bewusst zu spät kamen, um sich ein paar Minuten Zirkeltraining zu ersparen.

Trotz dieser in der Praxis aufgetretenen Hindernisse kann die experimentelle Durchführung als durchaus gelungen bezeichnet werden, da entgegen der oben aufgeführten Beispiele der Großteil der Trainings und Tests reibungslos ablief und somit auf zuverlässiges Datenmaterial zurückgegriffen werden kann.

4.3 Datenverarbeitung

Die Daten der Untersuchung wurden deskriptiv und inferenzstatistisch analysiert. Für die statistischen Berechnungen und die Hypothesentests wurden t-Tests und mehrfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung herangezogen. Die Durchführung der Berechnungen wurde größtenteils mit dem Statistikprogramm SPSS⁷ vorgenommen.

⁷ SPSS 12.0 for Windows

Überprüfung auf Normalverteilung

Eine Voraussetzung für die Anwendung der hier eingesetzten statistischen Verfahren ist, dass die Werte annähernd normalverteilt sind. Dies wurde anhand des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests (K-S-Test) (Hartung, 1987) für alle abhängigen Variablen zu allen Messzeitpunkten überprüft. Für die Variablen im Pretest konnte, wie bei dieser großen Stichprobe zu erwarten war, die Normalverteilungsannahme beibehalten werden. Zur grafischen Veranschaulichung ist in Abbildung 24 ein Histogramm der Pretest-Leistung der gesamten, ausreißerbereinigten Stichprobe bei den unbelasteten Hook-Shots dargestellt.

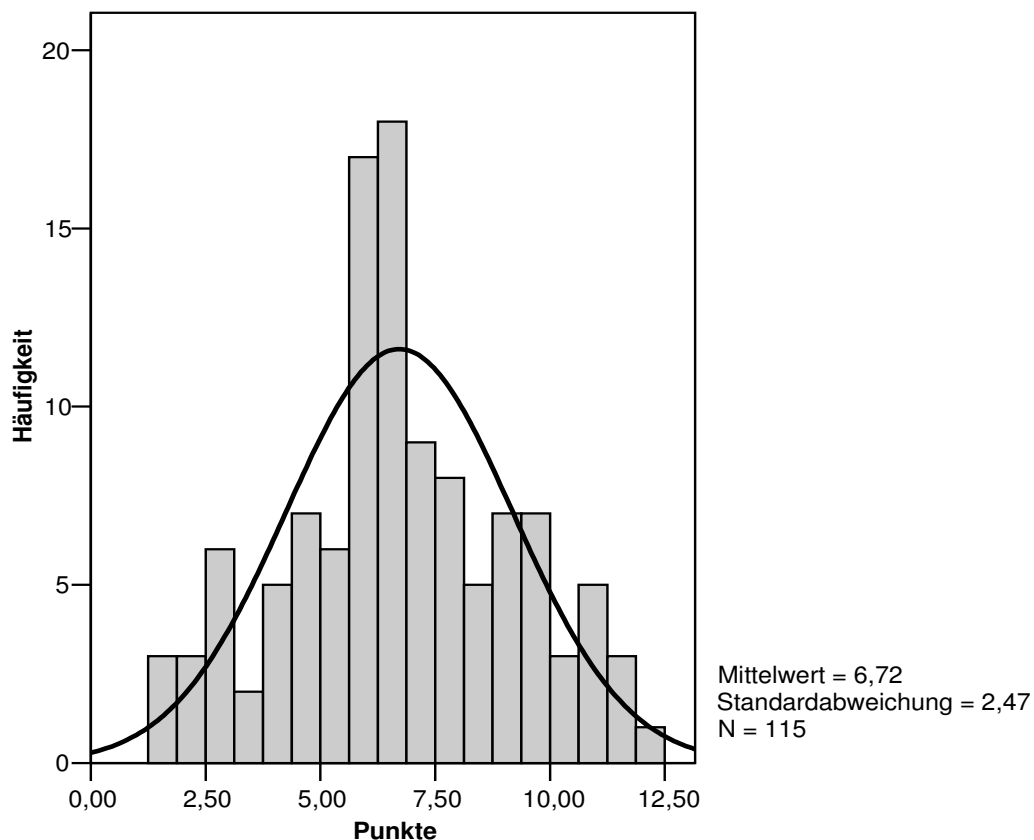


Abb. 24: Histogramm und Normalverteilungskurve der Leistung der gesamten Stichprobe in den unbelasteten Hook-Shots im Pretest

Auch bei den Variablen im Post- und Retentiontest, die auf die gleiche Art und Weise mit dem K-S-Test auf Normalverteilung überprüft wurden, ergaben sich keine Abweichungen von der Normalverteilungsannahme, auch wenn die Stichprobengröße deutlich geringer war (s. Tab. 16). Somit stand der Anwendung der statistischen Verfahren in dieser Hinsicht nichts entgegen.

Tab. 16: *Signifikanz im Kolmogoroff-Smirnoff-Test auf Normalverteilung*

		Stichprobe Pretest p	Stichprobe Pre- und Posttest p	Stichprobe Pre-, Post- und Retentiontest p
Pretest	Hook-Shot unbelastet	,583	,300	,337
	Hook-Shot belastet	,943	,877	,828
	Freiwurf unbelastet	,216	,265	,419
	Freiwurf belastet	,325	,460	,530
Posttest	Hook-Shot unbelastet		,829	,679
	Hook-Shot belastet		,555	,653
	Freiwurf unbelastet		,331	,468
	Freiwurf belastet		,734	,584
Retention- test	Hook-Shot unbelastet			,859
	Hook-Shot belastet			,783
	Freiwurf unbelastet			,990
	Freiwurf belastet			,763

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung mit sehr vielen Variablen, wie in der hier durchgeführten Hauptuntersuchung (s. 4.1.9, Tab. 9), sind nur schwer übersichtlich darzustellen. Um einen Eindruck von den gesamten Erkenntnissen der Untersuchung zu vermitteln, werden deshalb zunächst diejenigen Auswertungen vorgestellt, die nicht unmittelbar zur Beantwortung der Forschungsfragen dienen. Im Anschluss werden dann die Ergebnisse der Hypothesentests präsentiert.

Vorbemerkungen

Der Übersichtlichkeit halber werden die in den Tests absolvierten Wurfarten im weiteren Verlauf wie folgt abgekürzt:

- HU: unbelastet durchgeführte Hook-Shots
- HB: nach der Belastung durch das Zirkeltraining durchgeführte Hook-Shots
- FU: unbelastet durchgeführte Freiwürfe
- FB: nach der Belastung durch das Zirkeltraining durchgeführte Freiwürfe.

Die Abkürzungen für die unabhängigen Variablen lauten:

- MZP: Messzeitpunkt
- Treat: Treatment
- Niv: Lernstadium.

Aufgrund der besseren Lesbarkeit werden Detailinformationen oftmals in Tabellen ausgelagert, während im Text hauptsächlich die inhaltlich relevanten Aspekte aufgeführt werden. Dies betrifft vorwiegend Auswertungen, die zwar zu allen vier Wurfarten durchgeführt wurden, die aber am ehesten für den unbelasteten Hook-Shot als motorische Lernaufgabe und nicht für die drei Transferbedingungen von Bedeutung sind. Sollten sich bei den Transferaufgaben Abweichungen zum HU ergeben, werden diese selbstverständlich erwähnt. Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, dass aufgrund der Vielzahl der durchgeführten Vergleiche für manche Einzelergebnisse Erklärungen ausbleiben.

Bei der grafischen Darstellung der Ergebnisse in Diagrammen wird in der Regel auf der y-Achse die im Test erreichte Punktzahl aufgetragen. Die Skala umfasst dabei nicht

immer die im Test mögliche Spannweite von 0 bis 15 Punkte, sondern wird aus Gründen der Anschaulichkeit an die darzustellenden Werte angepasst.

Statistisch signifikante Ergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit p von unter 5% werden mit einem Stern (*) und von unter 1% mit zwei Sternen (**) gekennzeichnet. Zusätzlich werden, je nach Testverfahren, die t - bzw. F -Werte und, je nach Relevanz, die Teststärke ($1-\beta$) und Effektstärke (ε) als weitere statistische Kennwerte angegeben. Während Signifikanz, t - bzw. F -Wert und Teststärke von dem Software-Programm SPSS direkt ausgegeben werden, wird bezüglich der erzielten Effektstärke bei den Varianzanalysen nur das partielle η^2 ausgegeben, das Aufschluss über die Varianzaufklärung gibt. Die Effektstärke wird mit folgender Formel aus dem partiellen η^2 berechnet (Bortz, 1999, S. 249):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\eta^2}{1-\eta^2}}.$$

5.1 Allgemeine Ergebnisse

5.1.1 Pretest

Im Pretest wurde die Eingangsleistung der 118 jugendlichen Basketballspieler erhoben. Die Spieler führten die jeweils 15 Hook-Shots und 15 Freiwürfe sowohl vor als auch nach dem unter 0 beschriebenen Zirkeltraining durch. Abbildung 25 zeigt die Leistungen der 4 Wurfserien des Pretests.

Im FU liegt der Mittelwert bei fast 9 von 15 möglichen Punkten. Das Minimum stellt ein Wert von 0,84 Punkten dar, was bedeutet, dass ein Spieler bei 15 Würfen nur drei Mal den Außenring traf. Das Maximum beträgt dagegen 13,06 Punkte. Der Spieler, der dieses hervorragende Ergebnis erzielte, wies 8 Treffer auf und traf bei jedem Fehlwurf mindestens den Innenring. Dies zeigt auf, dass die Stichprobe ein Leistungsspektrum von absoluten Anfängern bis hin zu jugendlichen Spitzenspielern abdeckte.

Vergleicht man die Leistung im FU mit dem FB, so ist ein deutlicher Leistungsabfall nach dem Zirkeltraining zu erkennen (-0,61 Punkte; $t=3,229$, $df=116$, $p=,002^{**}$). Dies wird als Bestätigung der in der Voruntersuchung an einer kleinen Stichprobe getesteten Beanspruchung durch die im Treatment verwendete Belastung angesehen. In der Haupt-

untersuchung konnte also ex post der leistungsmindernde Effekt des Zirkeltrainings auf eine komplexe Bewegungsaufgabe bestätigt werden.

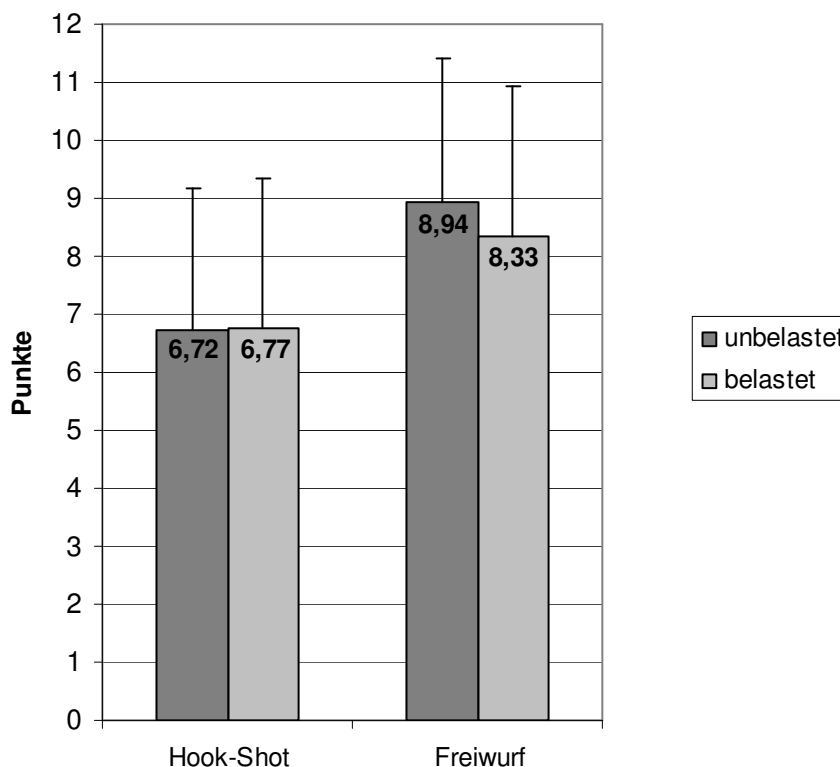


Abb. 25: Wurfleistungen im Pretest

Bei den Hook-Shots liegt die Leistung im Pretest sowohl im HU als auch im HB bei knapp 7 von 15 möglichen Punkten (s. Abb. 25). Dabei besteht zwischen den unbelastet und den belastet ausgeführten Würfen, ganz im Gegensatz zu den Freiwürfen, kein Unterschied. Bei der Testaufgabe HU führten viele Spieler diese Technik tatsächlich zum ersten Mal aus. Während der 15 im Test durchgeführten Würfe wurden somit schon erste Lernfortschritte erreicht (s. Abb. 26) (Test auf positive Steigung der Regressionsgeraden: $p=,001^{**}$). Dass es sich hierbei tatsächlich um einen Lernverlauf in der Technikbeherrschung handelt und nicht nur um eine Anpassung an den Test, wird bestätigt, wenn man zum Vergleich die Freiwürfe betrachtet. Hier ist, wie zu erwarten, nur ein leichter, nicht signifikanter Anstieg der Leistung zu erkennen (Test auf positive Steigung der Regressionsgeraden: $p=,322$). Durch das nach den ersten 15 Würfen angestiegene Ausgangsniveau in der Hook-Shot-Technik kann folglich trotz der starken Beanspruchung durch das Zirkeltraining bei den anschließenden Hookshots die gleiche Leistung erzielt werden wie bei den unbelasteten Würfen ($t=-0,277$, $df=114$, $p=,782$).

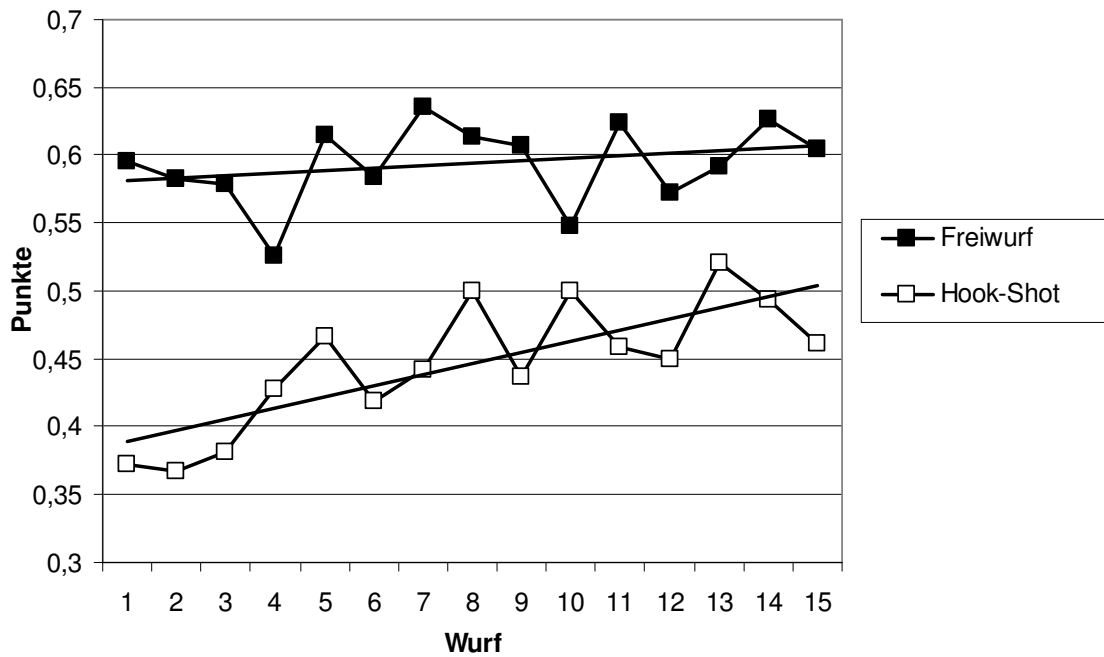


Abb. 26: Verlauf der 15 unbelasteten Freiwürfe und Hook-Shots im Pretest

5.1.2 Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen

In Abbildung 27 ist die Leistungsentwicklung aller abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest dargestellt.

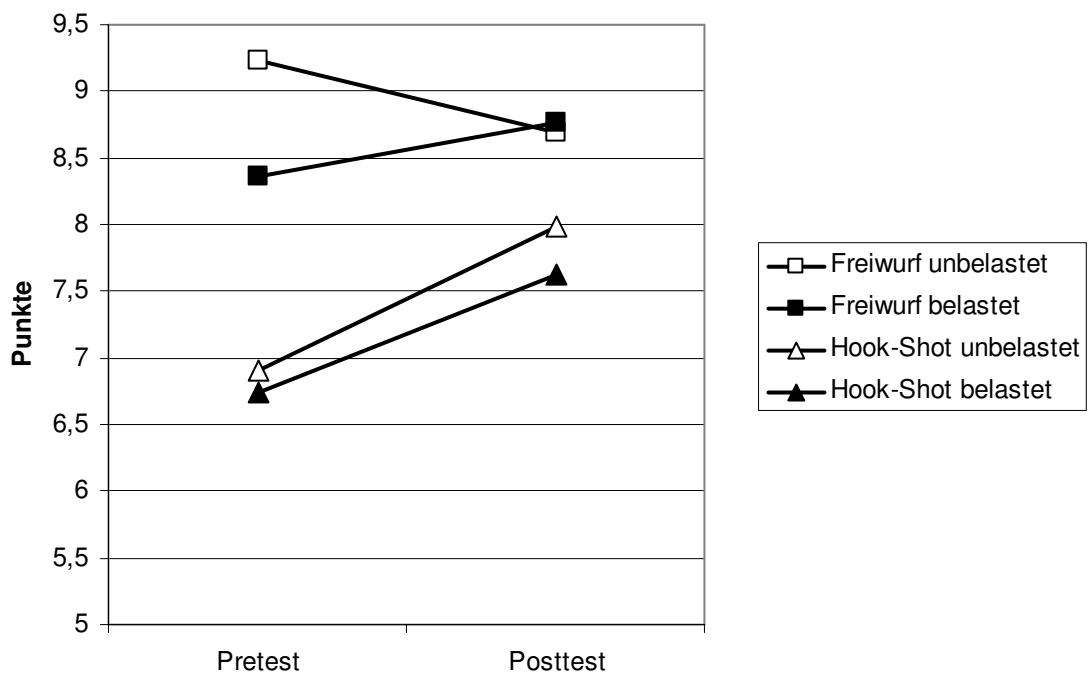


Abb. 27: Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest

Beim Hook-Shot verbessern sich die Leistungen nach dem Treatment unter beiden Belastungsbedingungen um ca. einen Punkt. Der durch das Treatment intendierte Haupteffekt einer Leistungssteigerung vom Pre- zum Posttest kann im HU und HB somit deutlich nachgewiesen werden (s. Tab. 17). Damit wurde auch das für die beteiligten Spieler und Trainer wichtige Ziel erreicht, dass aus der Versuchsteilnahme auch ein persönlicher Nutzen gezogen werden konnte.

Auffällig ist dagegen der Befund, dass die FU-Leistung der Gesamtstichprobe vom Pretest zum Posttest um einen halben Punkt zurückgeht (s. Abb. 27). Dies ist verwunderlich, denn der Wurf wurde keinem speziellen Treatment unterzogen, sondern im üblichen Mannschaftstraining der 9 verschiedenen Teams weiter geübt. Es ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich, wieso sich die Wurfergebnisse hätten verschlechtern sollen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass sich die Spieler bei der ersten Erhebung gerade im Freiwurf besonders anstrebten, da dieser Wurf auch bei Jugendlichen gerne als Vergleichskriterium für das basketballerische Können herangezogen wird. Somit konnte man sich vor dem Untersuchungs-Personal (6 beteiligte Helfer beim Pretest) positionieren. Beim Posttest dagegen kehrte durch die Vertrautheit mit dem Test und den Testleitern eine gewisse Routine ein und die besondere Motivation des Pretests bestand nicht mehr. Wenn dieser Effekt einer geringeren Motivation im Posttest tatsächlich aufgetreten sein sollte, wären die positiven Lerneffekte bei den anderen Würfen umso höher einzuschätzen.

Tab. 17: *Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest, vom Pre- zum Retentiontest und vom Post- zum Retentiontest*

Wurf	n	Pretest		Posttest		Retentiontest		t	p
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s		
HU	77	6,91	2,43	7,98	2,06			-4,359	,000**
HB	78	6,74	2,48	7,63	2,44			-3,893	,000**
FU	79	9,23	2,08	8,69	2,14			2,209	,030*
FB	80	8,36	2,37	8,77	2,14			-1,631	,107
HU	42	6,81	2,46			7,72	2,22	-2,849	,007**
HB	42	6,85	2,42			7,30	2,37	-1,134	,263
FU	42	9,27	1,98			8,49	2,20	2,421	,020*
FB	42	8,20	2,38			9,07	1,83	-2,775	,008**
HU	42			7,76	1,78	7,72	2,22	0,136	,893
HB	42			7,60	2,37	7,30	2,37	0,975	,335
FU	42			8,98	2,00	8,49	2,20	1,594	,119
FB	42			9,00	2,19	9,07	1,83	-0,178	,860

Der ansteigende Verlauf im FB (s. Abb. 27) könnte ein Indiz dafür sein, dass die Spieler durch das regelmäßige Zirkeltraining ihre Fitness steigern konnten. Dies kann, zusätzlich zu den Lerneffekten beim Hook-Shot, als kleines „Trostpflaster“ für die Trainer, die ihre kostbare Trainingszeit für das Experiment opferten, angesehen werden.

Während vom Pre- zum Posttest natürlich mit einer positiven Leistungsentwicklung beim Hook-Shot gerechnet wurde, waren die Erwartungen bezüglich des Retentiontests nicht ganz so eindeutig. Denn einerseits wäre es möglich, dass die Leistung bei langsamen Lernern nach Beendigung der Aneignungsphase aufgrund von Reminiszenzeffekten noch weiter ansteigen würde (Daugis et al., 1996). Genauso plausibel erscheint es jedoch, dass die Kinder die Technik wieder „verlernen“ würden, wenn sie sie 4 Wochen lang nicht trainierten. Betrachtet man beim HU die erreichten Punktzahlen der letzten beiden Messzeitpunkte, so bleibt die Leistung sehr konstant (s. Abb. 28).

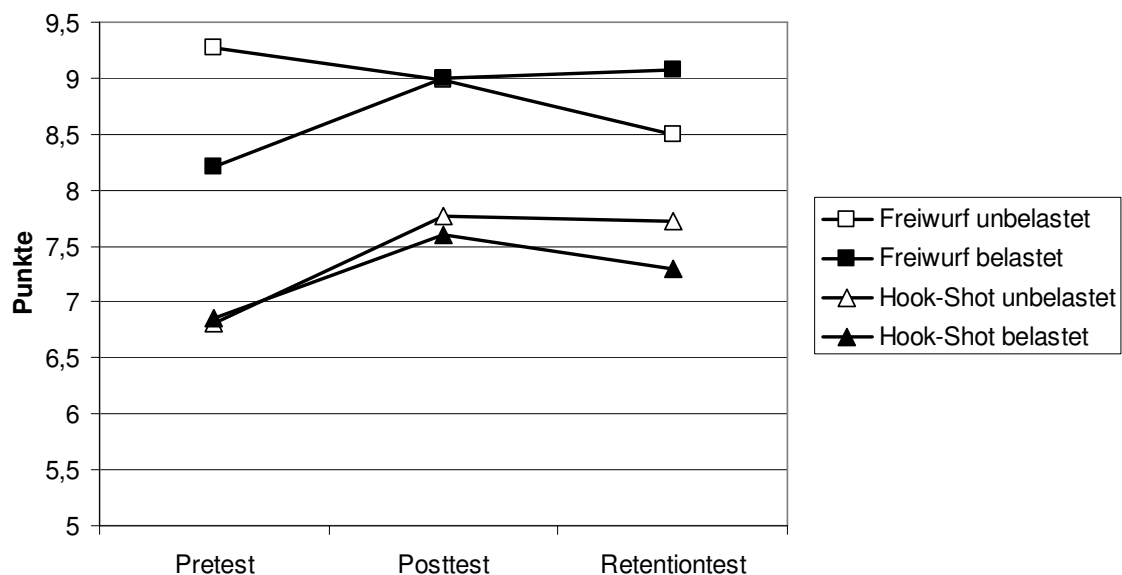


Abb. 28: Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Post- und Retentiontest

Der während des Treatments gelernte Wurf wurde also aus lerntheoretischer Sicht „behalten“. Im HB dagegen sinkt das Niveau wieder etwas ab (s. Abb. 28). Dies wird darauf zurückgeführt, dass in den Wochen ohne das Zirkeltraining die physiologischen Anpassungserscheinungen an die konditionellen Belastungen wieder zurückgegangen sind. Dadurch führt die Belastung durch das Zirkeltraining beim Test zu größeren Beanspruchungen der Spieler und damit auch zu einer reduzierten Wurffleistung. Insgesamt gesehen führte das Training jedoch zu einer deutlichen Verbesserung der Hook-Shot-

Leistung, die auch nach einer mindestens vierwöchigen Trainingspause noch nachzuweisen ist (s. Tab. 17). Bei den unbelastet durchgeführten Freiwürfen geht die Leistung der 42 Spieler im Retentiontest erstaunlicherweise weiterhin zurück. Dies wäre aufgrund des entfallenden Zirkeltrainings eher bei den belasteten Würfeln zu erwarten gewesen. Jedoch steigt hier die Freiwurffleistung sogar weiter an (s. Abb. 28). Die statistische Analyse weist den Leistungsrückgang vom Pretest zum Retentiontest im FU sogar als signifikant nach (s. Tab. 17). Eine Interpretation fällt jedoch weiterhin schwer. Auch in Bezug auf dieses Resultat besteht der einzige Erklärungsansatz in einer geringeren Motivation der Versuchspersonen bei den unbelasteten Würfeln. Dass dieser Effekt nach dem Zirkeltraining wieder verblasst, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Spieler durch die konditionelle Belastung in einen höheren Aktivierungszustand versetzt wurden (vgl. 2.1.5).

Exkurs „Regression zur Mitte“

Bei der Analyse der Leistungsverläufe sollte zunächst betrachtet werden, ob die Leistungsveränderungen tatsächlich auf das Treatment zurückzuführen sind, oder ob womöglich das Phänomen der „Regression zur Mitte“ vorliegt (Nevill, Holder, Atkinson & Copas, 2004). Das heißt, da extreme Leistungen im Wiederholungsfall selten reproduziert werden, haben Spieler, die im Pretest sehr schlecht waren, aus rein statistischen Gründen auch ohne ein Treatment im Posttest eine größere Leistung zu erwarten als im Pretest. Dieses Problem kann statistisch überprüft werden, indem man die Differenz zwischen Pre- und Posttest-Leistung mit der Summe derselben korreliert (Nevill et al., 2004). Tritt hierbei eine signifikante negative Korrelation auf, so ist davon auszugehen, dass es sich beim Leistungsverlauf um eine „Regression zur Mitte“ handelt, was bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss.

Die Überprüfung auf Regression zur Mitte wurde für alle 4 Wurfarten vom Pretest zum Posttest durchgeführt. Für keine Wurfart trat eine signifikante Korrelation auf (s. Tab. 18), so dass davon ausgegangen werden kann, dass Unterschiede in den Leistungsverläufen nicht ein statistisches Phänomen darstellen, sondern tatsächlich existieren.

Tab. 18: *Korrelation der Differenz von Pretest- und Posttest-Leistung mit der Summe von Pretest- und Posttest-Leistung*

Wurfart	n	r	p
HU	77	-,196	,088
HB	78	-,020	,862
FU	79	,032	,779
FB	80	-,116	,306

5.1.3 Einflussfaktoren

Nach dieser deskriptiven Darstellung der wichtigsten Testdaten werden im Folgenden Analysen zu potenziellen Einflussfaktoren auf die Leistungsentwicklung vorgestellt.

5.1.3.1 Trainingsteilnahme

Da es sich um eine Felduntersuchung handelte, konnte nicht gewährleistet werden, dass sich alle Versuchspersonen jedem Treatment unterzogen. Wie sich herausstellte, war der Trainingseifer der einzelnen Spieler recht unterschiedlich (s. Abb. 29). Während der Großteil der Spieler fast regelmäßig am Training teilgenommen hatte, gab es auch einige Spieler, die nur sporadisch erschienen waren.

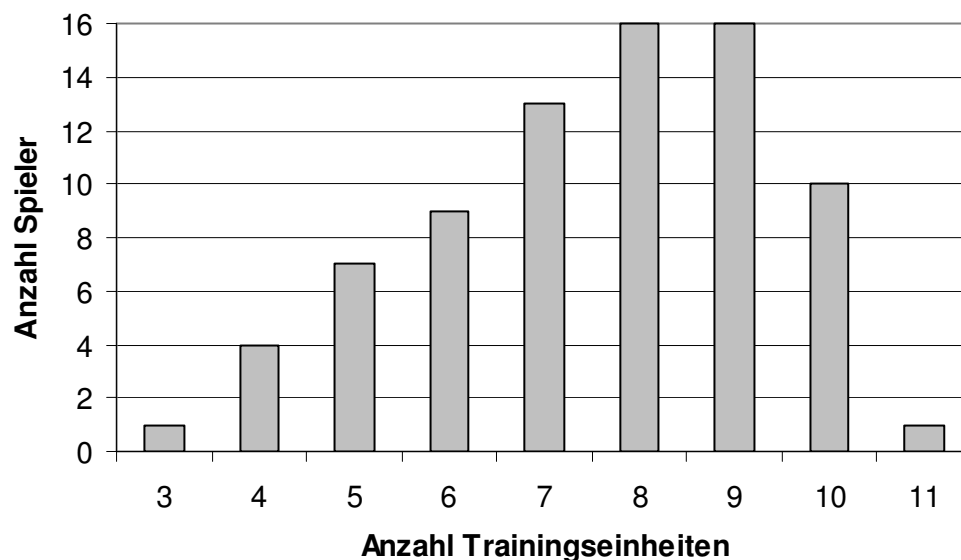


Abb. 29: Trainingsteilnahme

Deshalb wurde die Überlegung angestellt, ob diese Spieler aus der Wertung genommen werden sollten. Da es schwierig gewesen wäre, theoretisch zu begründen, welche Anzahl an Trainingseinheiten als Minimum für eine Wertung hätte zugrunde gelegt werden

müssen, wurde a posteriori mit einer Varianzanalyse überprüft, ob sich die Trainingsteilnahme unterschiedlich auf die Leistungsentwicklung auswirkt. Dabei wurden die Randzellen zusammengefasst (3-5 Trainingseinheiten und 10-11 Trainingseinheiten), so dass annähernd gleiche Häufigkeiten in die Berechnung eingingen. Dieser Test zeigt keine signifikanten Effekte (s. Tab. 19), auch ein linearer Trend ist nicht erkennbar. Bei allen Wurfarten ist die Leistungsentwicklung also unabhängig davon, wie viele Trainingseinheiten die einzelnen Spieler absolviert hatten.

Tab. 19: *Einfluss der Faktoren Anzahl an Trainingseinheiten und Altersklasse auf die Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest*

Wurf	Trainingseinheiten	Altersklasse
HU	F=0,998 p=,426	F=3,994 p=,049*
HB	F=0,265 p=,931	F=2,771 p=,100
FU	F=0,596 p=,703	F=0,608 p=,438
FB	F=1,019 p=,413	F=2,953 p=,090

5.1.3.2 Alter

Aufgrund der Tatsache, dass viele Versuchsteilnehmer älter als 12 Jahre waren (vgl. 4.2.1.2) und somit laut Theorie die „Phase der besten motorischen Lernfähigkeit in der Kindheit“ (Winter, 1998) bereits hinter sich hatten, wurde auch analysiert, ob sich zwischen den Altersklassen bis zu 12 Jahren (n=47) und über 12 Jahren (n=33) Leistungsunterschiede in den Bewegungstechniken ergaben. Hier ergab die Varianzanalyse, dass im HU die Leistungssteigerung vom Pre- zum Posttest zwischen den Altersklassen tatsächlich unterschiedlich ist (s. Tab. 19). Allerdings lernten, entgegen der Annahme, die Älteren signifikant besser als die Jüngeren. Es soll hiermit nicht bestritten werden, dass Pubertierende in koordinativer Hinsicht eine Phase ungünstiger Lernvoraussetzungen durchlaufen. Eine Fixierung auf das kalendarische Alter erscheint dabei allerdings fragwürdig. Für die vorliegende Untersuchung wurde der Schluss gezogen, dass sich der ein oder andere Versuchsteilnehmer sicherlich in der Pubertät befand. Da die Altersklassen aber auf die Treatmentgruppen gleichmäßig verteilt waren, ist bezüglich der Hypothesentests mit keinen Ergebnis verfälschenden Auswirkungen zu rechnen.

5.1.3.3 Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen

Wie bereits erwähnt wurde, konnten für die Untersuchung sowohl Jungen als auch Mädchen gewonnen werden. Obwohl es keine theoretischen Ansätze gibt, warum sich konditionelle Belastungen bei Jungen und Mädchen unterschiedlich auf das Erlernen einer sportlichen Technik auswirken sollten, wurde eine Analyse vorgenommen, ob Auffälligkeiten zwischen den Geschlechtern bestehen, die für die weiteren Auswertungen von Bedeutung sein könnten. Es zeigte sich, dass die Mädchen bei den Freiwürfen mit den Jungen fast auf gleicher Höhe waren, während sie bei den Hook-Shots auf einem signifikant niedrigeren Ausgangsniveau starteten als die Jungen (s. Tab. 20). Dieser Sachverhalt ist schwer zu interpretieren. Möglicherweise können Jungen auf eine größere Bewegungserfahrung zurückgreifen und haben deshalb in einer weniger geübten Technik von Beginn an Vorteile. Ein anderes Erklärungsmuster könnte darin bestehen, dass Jungen evtl. stärker am Kopieren ihrer Sport-Idole interessiert sind, und deshalb auch andere als die im Training angebotenen Wurftechniken selbst ausprobieren.

Tab. 20: *Vergleich der Wurfleistungen von Jungen und Mädchen im Pretest*

Wurfart	Geschlecht	n	\bar{x}	s	p
HU	Jungen	89	7,05	2,44	,004**
	Mädchen	25	5,45	2,22	
HB	Jungen	89	7,24	2,49	,000**
	Mädchen	25	5,01	2,15	
FU	Jungen	90	9,03	2,26	,557
	Mädchen	26	8,64	3,18	
FB	Jungen	90	8,45	2,41	,480
	Mädchen	26	7,97	3,19	

Für die vorliegende Untersuchung hatte dieser Unterschied in der Hook-Shot-Ausgangsleistung zur Folge, dass die Jungen in der Gruppe der Fortgeschrittenen etwas überrepräsentiert waren (s. Tab. 21).

Tab. 21: *Lerngruppeneinteilung nach Geschlecht*

	Anfänger	Fortgeschrittene	Gesamt
Jungen	25	34	59
Mädchen	14	5	19
Gesamt	39	39	78

Ein Vergleich der *Lernleistungen* in Bezug auf die beiden Lernstadien zeigt beim HU jedoch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (s. Abb. 30).

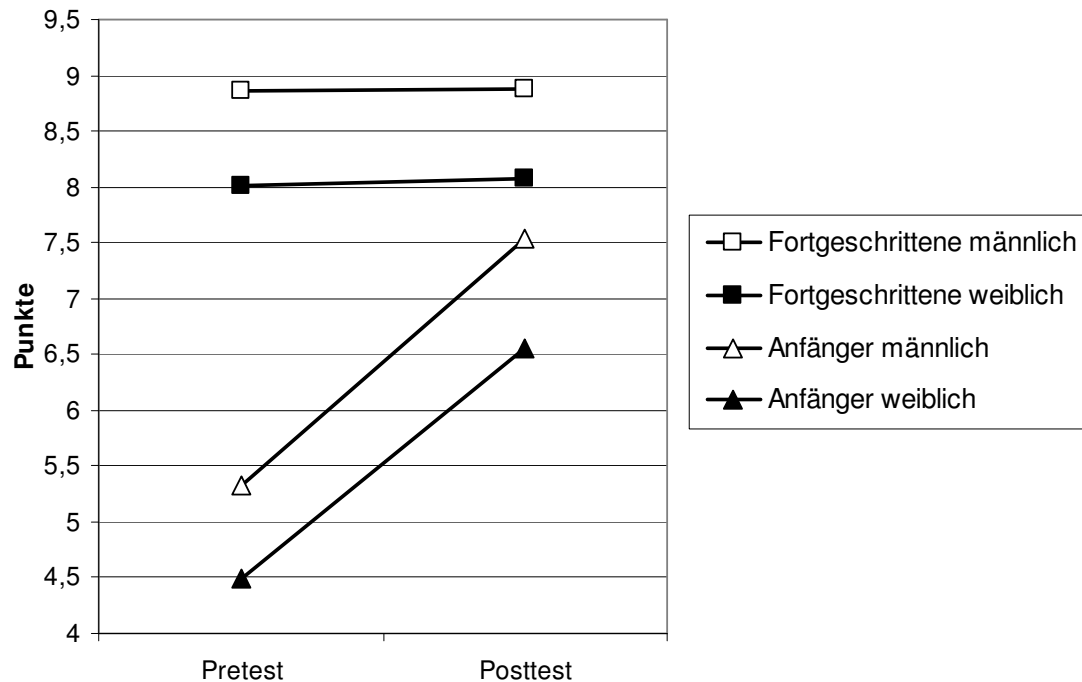


Abb. 30: Lernverläufe vom Pre- zum Posttest im unbelasteten Hook-Shot bei Jungen und Mädchen unterschiedlicher Lernstadien

Auch die Auswertungen zu den anderen Wurfarten zeigen, dass sich die Lernverläufe zwischen Jungen und Mädchen grundsätzlich kaum unterscheiden. In Tabelle 22 sind alle hinsichtlich des Geschlechts per Varianzanalyse geprüften Interaktionen dargestellt. Die einzige signifikante Interaktion tritt beim FU auf. Dort konnten die fortgeschrittenen Mädchen entgegen dem allgemeinen negativen Trend (vgl. 5.1.2) ihre Leistung deutlich verbessern.

Tab. 22: Vergleich der Lernverläufe von Jungen und Mädchen („Geschlecht“) vom Pre- zum Posttest („Zeit“) allgemein und in Abhängigkeit von Lernstadium und Treatment

Wurf	Interaktion Zeit x Geschlecht	Interaktion Zeit x Geschlecht x Lernstadium	Interaktion Zeit x Geschlecht x Treatment	Interaktion Zeit x Geschlecht x Treatment x Lernstadium
HU	F=1,173 p=,282	F=0,033 p=,856	F=1,551 p=,217	F=3,567 p=,063
HB	F=1,313 p=,255	F=0,244 p=,623	F=1,735 p=,192	F=0,054 p=,817
FU	F=0,110 p=,741	F=0,068 p=,019*	F=0,068 p=,796	F=0,566 p=,455
FB	F=0,007 p=,933	F=0,454 p=,503	F=0,074 p=,786	F=0,183 p=,670

Resümierend kann festgestellt werden, dass das Ausgangsniveau bezüglich der motorischen Lernaufgabe zwischen Jungen und Mädchen zwar differierte, dass sich dies aber kaum auf die Lernleistung auswirkte.

5.1.3.4 Unterschiede zwischen den Mannschaften

Da die Untersuchung, wie in 4.2.2.1 beschrieben, in mehreren Erhebungssellen vorgenommen wurde, wurde vor den Hypothesentests geprüft, ob die Subsummierung der Mannschaftszugehörigkeit unter die Ceteris-paribus-Klausel gerechtfertigt war. Wie die Betrachtung der Unterschiede zwischen den Geschlechtern vermuten lässt, schneiden die beiden Mädchenmannschaften bei den Hook-Shots zu Beginn der Untersuchung schlechter ab. Innerhalb der Jungenmannschaften⁸ gibt es allerdings keine Unterschiede. Auch beim Vergleich der *Lernleistungen* zeigen sich keine unterschiedlichen Entwicklungen zwischen den Vereinen⁹ (s. Abb. 31).

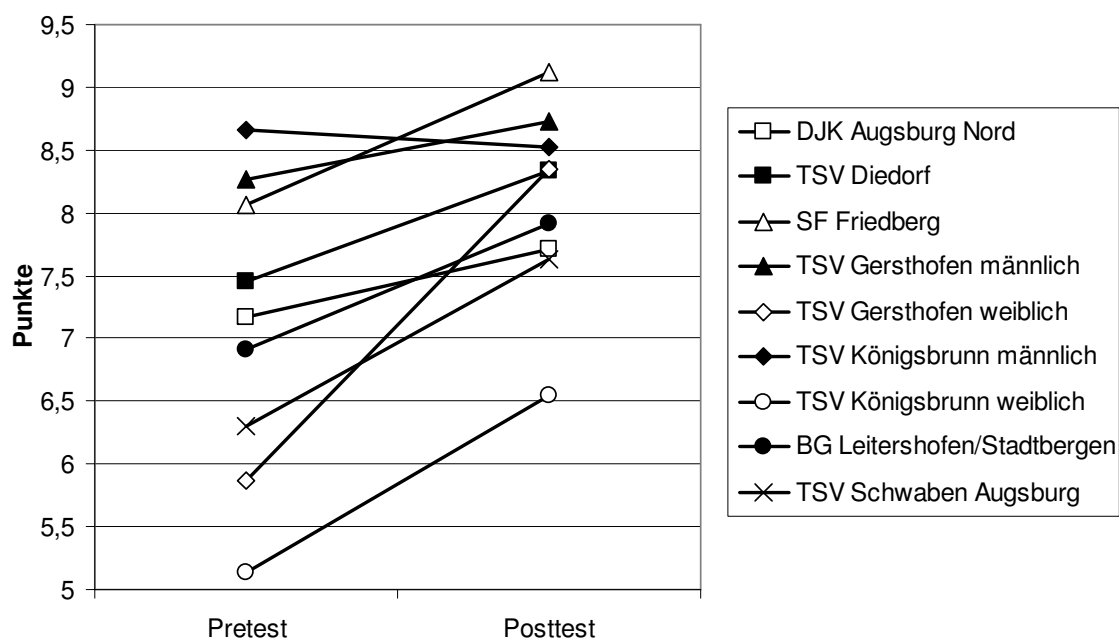


Abb. 31: Vergleich der Leistungsentwicklung im unbelasteten Hook-Shot zwischen den Mannschaften

⁸ einschließlich der Mannschaften, in denen je ein Mädchen mitspielte

⁹ Die einzige Mannschaft, die sich im Durchschnitt vom Pre- zum Posttest verschlechterte, startete einerseits auf dem höchsten Niveau, andererseits nahmen am Posttest nur noch 2 Spieler teil.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass jede einzelne Mannschaft durch Parallelisierung in die beiden Treatmentgruppen aufgeteilt wurde, um die Teamzugehörigkeit als Störgröße weitestgehend auszuschließen.

5.1.4 Lernverläufe

Betrachtet man ganz allgemein die Lernverläufe im HU, so lassen sich zwischen den beiden Treatmentgruppen einige Unterschiede beschreiben: Bei der Ruhegruppe zeigt sich tendenziell ein typischer Lernverlauf. Je schlechter die Ausgangsleistung, desto größer ist der Lernerfolg (s. Abb. 32).

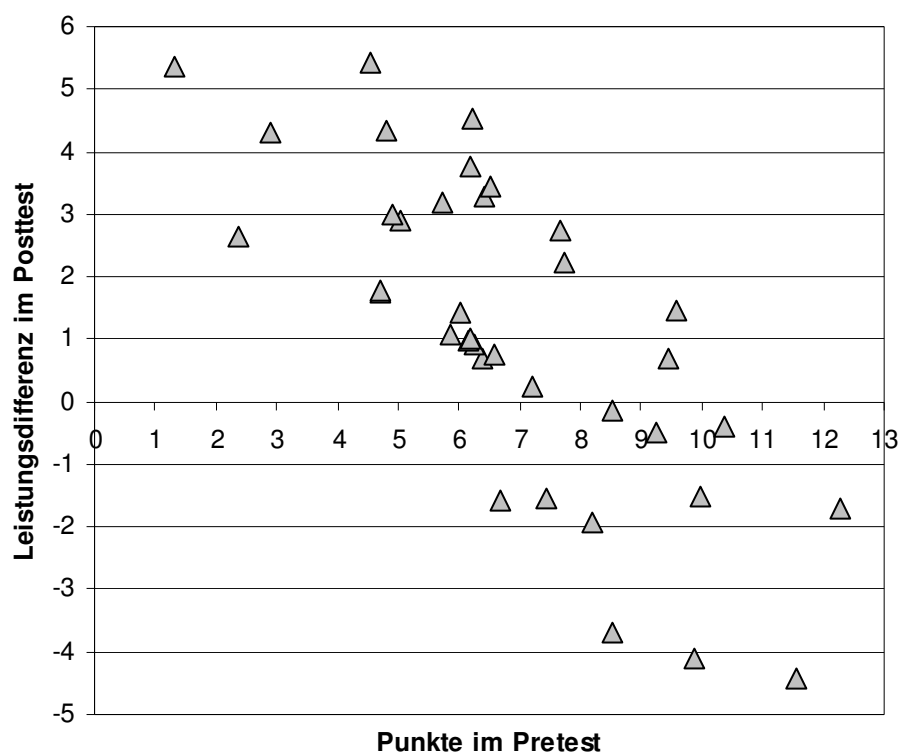


Abb. 32: Leistungsentwicklung der Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Die Spieler, die im Pretest weniger als 6,5 Punkte erreicht hatten („Anfänger“), verbesserten sich ausnahmslos. Je schlechter sie im Pretest waren, desto größer sind durchschnittlich die Lernraten. Bei den Spielern mit besserer Ausgangsleistung („Fortgeschrittene“) tritt im Posttest dagegen häufig sogar eine Leistungsverschlechterung auf. Dies legt den Verdacht nahe, dass hier das Phänomen der Regression zur Mitte existiert, was durch den statistischen Test jedoch nicht bestätigt wird ($r = -.317$, $p = .056$). Neben dem Erklärungsansatz, dass extrem gute Leistungen aus dem Pretest nicht immer wie-

derholt werden können, kann an dieser Stelle demnach bereits konstatiert werden, dass das Training für die Fortgeschrittenen der Ruhegruppe nicht optimal gestaltet war.

Bei der Gruppe, die unter Belastungsbedingungen trainierte, ist der oben gezeigte typische Lernverlauf nicht so deutlich zu erkennen (s. Abb. 33). Spieler mit sehr niedrigem Eingangsniveau lernten teilweise sogar weniger, als Spieler mit mittlerem Eingangsniveau. Bei einigen guten Spielern ist dagegen noch eine durchaus positive Leistungsentwicklung zu erkennen.

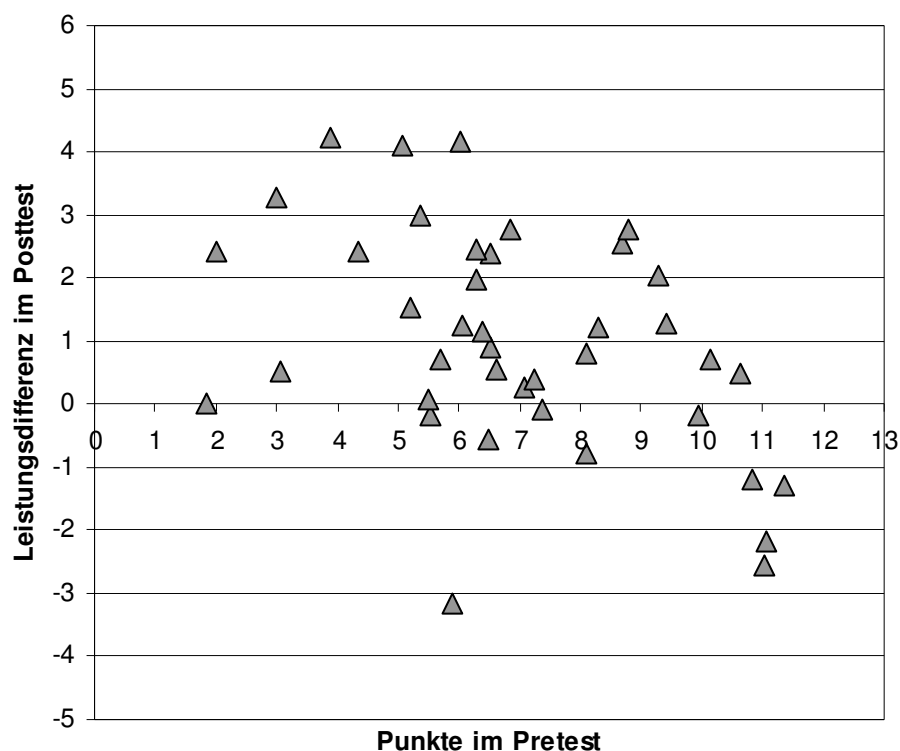


Abb. 33: Leistungsentwicklung der Belastungsgruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Insgesamt gesehen deutet dieser Vergleich bereits darauf hin, dass die beiden Belastungssituationen unterschiedliche Auswirkungen auf den Lernprozess haben.

5.2 Multivariate Testung

Da die Untersuchung zur Überprüfung mehrerer Hypothesen herangezogen wird und damit mehrere Signifikanztests nötig sind, stellt sich zunächst das Problem des multiplen Testens. Beim Testen vieler unabhängiger, in Wahrheit richtiger Nullhypothesen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass man fälschlicherweise ein signifikantes Resultat erhält (Bender, Lange & Ziegler, 2002). Diesem Problem kann man entweder durch eine

Korrektur des α -Fehlers begegnen oder, wie es im vorliegenden Fall als sinnvoll erachtet wird, über die multivariate Testung, bei der alle abhängigen Variablen der Untersuchung gemeinsam geprüft werden. Deshalb wird zunächst eine mehrfaktorielle (Zeit, Treatment, Lernstadium) *multivariate* (HU, HB, FU, FB) Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Zeit für den Pre- und Posttest sowie für den Pre-, Post- und Retentionstest durchgeführt. Treten hierbei signifikante Ergebnisse auf, so ist gewährleistet, dass Signifikanzen aus den folgenden Einzeltests gegen den Vorwurf des multiplen Testens abgesichert sind.

Die Ergebnisse dieses multivariaten Tests für den Pre- und Posttest sind in der folgenden Varianztafel dargestellt (s. Tab. 23).

Tab. 23: *Varianztafel zum multivariaten Test für den Pre- und Posttest*

Effekt	F-Wert	Signifikanz
Haupteffekt Messzeitpunkt	10,599	,002**
Haupteffekt Wurfart	23,924	,000**
Interaktion Messzeitpunkt x Treatment	0,013	,909
Interaktion Messzeitpunkt x Lernstadium	3,673	,059
Interaktion Messzeitpunkt xwurfart	11,442	,000**
Interaktion Wurfart x Treatment	1,527	,215
Interaktion Wurfart x Lernstadium	3,448	,021*
Interaktion Messzeitpunkt x Treatment x Lernstadium	2,432	,123
Interaktion Messzeitpunkt xwurfart	1,002	,397
Interaktion Messzeitpunkt xwurfart x Lernstadium	8,638	,000**
Interaktion Wurfart x Treatment x Lernstadium	0,419	,740
Interaktion Messzeitpunkt x Treatment xwurfart x Lernstadium	3,525	,019*

Signifikante Haupteffekte ergeben sich für den Messzeitpunkt und für die Wurfart:

- Zwischen Pre- und Posttest sind die Wurfleistungen unterschiedlich.
- In den verschiedenen Würfeln werden unterschiedliche Ergebnisse erzielt.

Des weiteren werden folgende Interaktionen signifikant:

- Wurfart x Lernstadium: Anfänger und Fortgeschrittene erzielen unterschiedliche Leistungen in verschiedenen Würfeln.
- Messzeitpunkt x Wurfart: Zwischen Pre- und Posttest entwickeln sich die Wurfleistungen in den verschiedenen Würfeln unterschiedlich.
- Messzeitpunkt x Wurfart x Lernstadium: Zwischen Pre- und Posttest entwickeln sich die Wurfleistungen in den verschiedenen Würfeln bei Anfängern und Fortgeschrittenen unterschiedlich.
- Messzeitpunkt x Wurfart x Lernstadium x Treatment: Zwischen Pre- und Posttest entwickeln sich die Wurfleistungen in den verschiedenen Würfeln bei Anfängern und Fortgeschrittenen in Abhängigkeit des Treatments unterschiedlich. Somit kann beim Auftreten von lokalen Signifikanzen in den einzelnen Hypothesentests auch die versuchsbezogene Irrtumswahrscheinlichkeit als gültig angenommen werden.

Bei der Testung aller drei Messzeitpunkte ergibt sich ein Haupteffekte nur für die Wurfart ($p=,000^{**}$). Des weiteren werden die Interaktionen Messzeitpunkt x Wurfart ($p=,016^{*}$), Messzeitpunkt x Wurfart x Lernstadium ($p=,021^{*}$) sowie die Vierfachinteraktion Messzeitpunkt x Wurfart x Lernstadium x Treatment ($p=,027^{*}$) signifikant.

Interessant gestalten sich die Ergebnisse, wenn man bei der multivariaten Testung nur die beiden abhängigen Variablen bezüglich der motorischen Lernaufgabe HU und HB betrachtet. Denn hier zeigt sich als einziges signifikantes Ergebnis in Zusammenhang mit der Wurfart die Interaktion von Messzeitpunkt und Niveau ($p=,011^{*}$). Das heißt, dass die beiden Würfe vom Pre- zum Posttest unterschiedlich gelernt werden. Ein Einfluss durch die Zugehörigkeit zu einer Treatmentgruppe besteht dagegen nicht. Bezüglich der Forschungsfragen müssten die beiden Würfe somit nicht getrennt betrachtet werden. Es treten unerwarteterweise für die Würfe, die im Test unter Belastung durchzuführen sind, in Abhängigkeit des Treatments keine unterschiedlichen Ergebnisse zu den Würfeln auf, die ohne Belastung durchgeführt werden. Dies deutet bereits darauf hin, dass eine der Forschungshypothesen nicht zutrifft, da für die Technikausführung ohne Belastung andere Ergebnisse erwartet wurden als mit Belastung.

Diesen Befunden aus den multivariaten Tests wird im Folgenden in univariaten Einzelanalysen nachgegangen.

5.3 Ergebnisse der Hypothesentests

Nach diesen allgemeinen Auswertungen werden im Folgenden die Untersuchungsergebnisse vorgestellt, die sich auf die Überprüfung der Forschungshypothesen beziehen. Dabei liegt der Fokus zunächst auf der wichtigsten abhängigen Variablen: der Leistung im unbelasteten Hook-Shot. Die Analyse geht dabei durch die sukzessive Hinzunahme der unabhängigen Variablen Treatment und Lernstadium immer weiter ins Detail. Daran anschließend werden die Ergebnisse zu den Transfersituationen *Belastungstransfer* und *Aufgabentransfer* nach dem gleichen Schema vorgestellt, bevor zuletzt noch auf die Auswirkungen der Retentionsphase eingegangen wird.

5.3.1 Hookshot unbelastet

5.3.1.1 Einfluss der Belastung

Nachdem bereits aufgezeigt wurde, dass sich die Leistung im HU vom Pre- zum Posttest für die Gesamtheit der Versuchspersonen signifikant verbessert hat (vgl. 5.1.2), wird im Folgenden geprüft, ob sich Unterschiede in der Leistungsentwicklung zwischen den Treatmentgruppen ergeben. Damit soll die für die Trainingspraxis bedeutsame Frage beantwortet werden, ob es negative Auswirkungen auf die Lernleistung hat, wenn sich die Jugendlichen vor dem Techniktraining einem Konditionstraining unterziehen. Für diese Fragestellung sind die Aussagen der Trainingslehre nicht ganz eindeutig (vgl. 2.4.2). Im Anfängerstadium soll auf Konditionstraining vor dem Techniktraining eher verzichtet werden, im Fortgeschrittenenstadium dagegen dürfen konditionelle Elemente vorgeschaltet bzw. ins Techniktraining integriert sein. Auch die einzelnen Trainer der untersuchten Jugendmannschaften hatten unterschiedliche Meinungen zu diesem Thema.

In Abbildung 34 sind die Lernverläufe der Belastungs- und Ruhegruppe dargestellt.

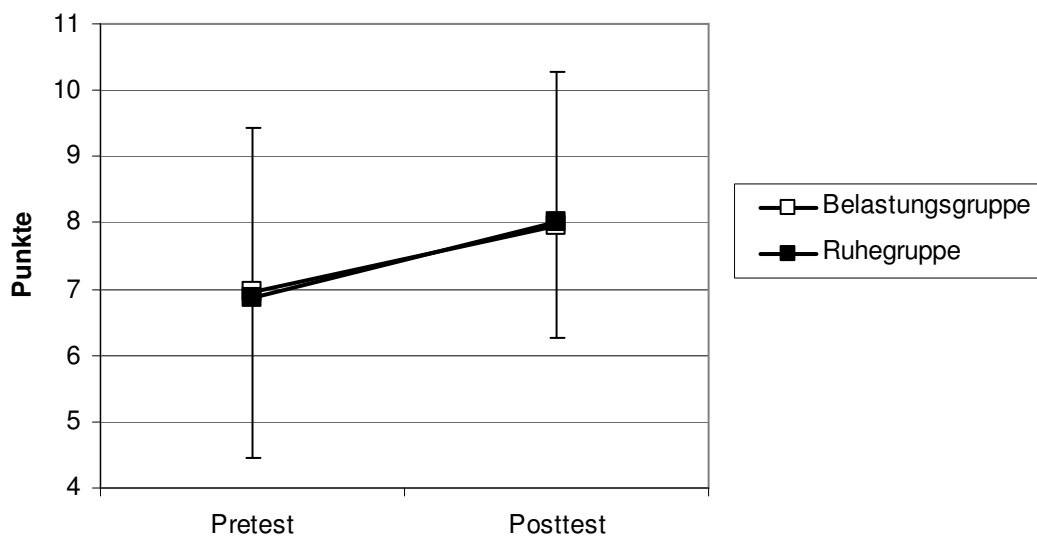


Abb. 34: Lernverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Wie bereits aus der Abbildung ersichtlich ist, scheint es zwischen den beiden Treatmentgruppen keine praxisrelevanten Unterschiede zu geben. Der per Varianzanalyse durchgeführte Signifikanztest bestätigt diesen Eindruck. Der minimale Vorteil von 0,14 Punkten, den die Ruhegruppe in der Lernleistung aufzuweisen hat, ist statistisch nicht signifikant ($F_{MZP \times Treat} = 0,084$, $p = ,773$, $\epsilon = ,032$). Für die im Trainingsalltag häufig vorliegende Situation einer bezüglich des Lernstadiums der zu übenden Bewegungstechnik gemischten Gruppe hat es also keinerlei Auswirkung, ob vorher ein stark beanspruchendes Konditionstraining durchgeführt wurde oder nicht. Übrigens geht aus dieser Analyse auch deutlich hervor, dass es überhaupt keine Rolle spielt, wenn *nach* dem Techniktraining eine Konditionseinheit folgt, wie es bei der Ruhegruppe der Fall war. Dieser Aspekt ist deshalb besonders interessant, da in der Vergangenheit der ein oder andere trainingswissenschaftliche Vertreter gefordert hatte, auch in der „Nachlernzeit“ (Lehnertz, 1991, S. 176) keine intensiven konditionellen Reize zu setzen (vgl. 2.3.1). Diese Forderung hatte in der Trainingspraxis keinerlei Niederschlag gefunden und kann nach den hier gewonnenen Ergebnissen endgültig ad acta gelegt werden.

Somit könnte man den Trainern in dieser Altersklasse bei der Platzierung des Techniktrainings innerhalb einer Trainingseinheit tatsächlich freie Hand lassen. Es empfiehlt sich dennoch, einen genaueren Blick darauf zu werfen, ob die Lerneffekte von dem be-

reits diskutierten Faktor des Leistungsniveaus zu Beginn des Techniktrainings abhängen.

5.3.1.2 Einfluss des Lernstadiums

Bezüglich der Anfänger gibt es Befunde aus der Grundlagenforschung, die besagen, dass die Belastungsgruppe eine Bewegungstechnik genauso gut lernt wie die Ruhegruppe (s. 2.3.2.2). Die Trainingslehre dagegen steht auf dem Standpunkt, dass Anfänger unter Ruhebedingungen besser lernen. Bei Fortgeschrittenen behaupten sowohl Trainingslehre als auch Grundlagenforschung, dass Techniktraining unter Belastungsbedingungen durchgeführt werden soll (s. 2.3.2.2 und 2.4.2). Zu diesen in der Anwendungsforschung noch weitgehend vernachlässigten Aspekten, sollte die nun folgende detaillierte Analyse Erkenntnisse bringen.

Wie bereits beschrieben, wurden die Versuchspersonen aufgrund ihrer Eingangsleistung im unbelasteten Hookshot durch Mediansplit in die zwei Leistungsgruppen „Anfänger“ und „Fortgeschrittene“ eingeteilt (s. 4.2.1.5). Die Ausgangsleistungen erwiesen sich für beide Treatmentgruppen als relativ homogen (s. Abb. 35), so dass einer statistischen Analyse nichts im Wege stand. Die Gruppengröße je Zelle sank allerdings auf ca. 20 Versuchspersonen, was in einer geringeren Teststärke resultierte.

In Abbildung 35 ist zu erkennen, dass sich bei den Anfängern die Ruhegruppe sehr viel mehr verbessert (+2,76 Punkte) als die Belastungsgruppe (+1,54 Punkte). Bei den Fortgeschrittenen ist es dagegen genau umgekehrt. Die Jugendlichen, die sich zunächst einem Zirkeltraining unterziehen, verbessern sich im Hookshot um 0,52 Punkte. Diejenigen, die den Hookshot ohne vorherige Belastung trainieren, verschlechtern sich jedoch um 0,55 Punkte.

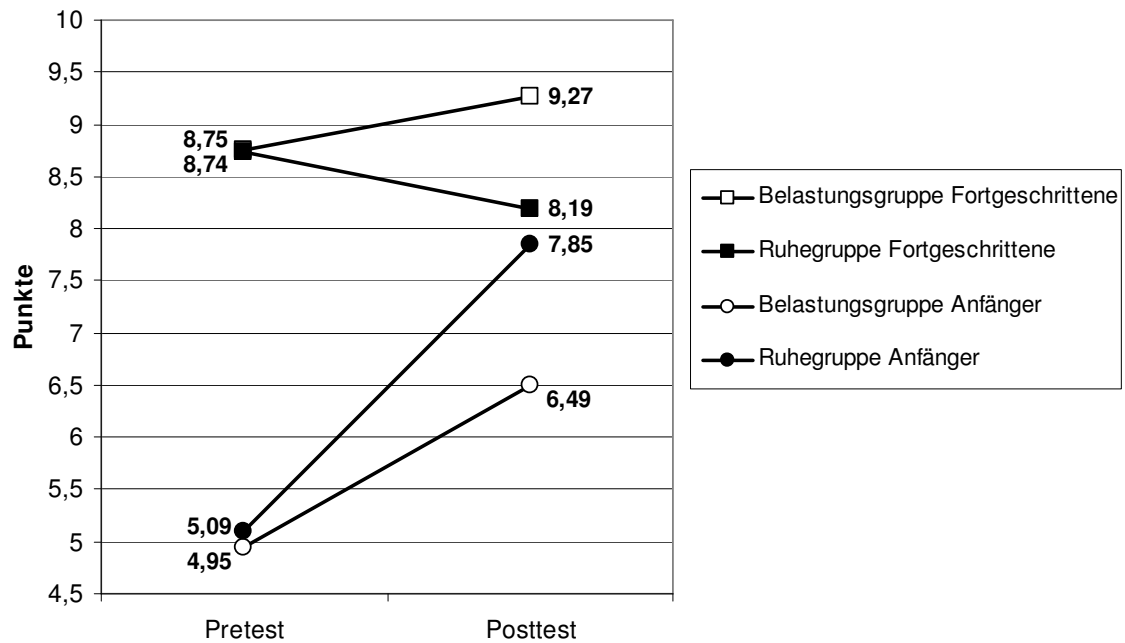


Abb. 35: Lernverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Für die statistische Überprüfung dieser Ergebnisse wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Aus dieser Varianzanalyse ist zunächst abzulesen, dass sich, unabhängig vom Treatment, die Leistungen der Spieler vom Pretest zum Posttest in Abhängigkeit des Ausgangsniveaus unterschiedlich entwickelt haben. Die schlechten Spieler haben erwartungsgemäß mehr gelernt als die bereits ganz guten Spieler ($F_{MZXNiv}=27,283$, $p=,000^{**}$, $\epsilon=,611$, $1-\beta=,999$).

Was aber im vorliegenden Forschungszusammenhang mit Spannung erwartet wurde, zeigt sich bei der Betrachtung der Dreifachinteraktion von Messzeitpunkt, Treatment und Leistungsniveau. In Abhängigkeit vom Lernstadium ist tatsächlich ein signifikanter Unterschied in der Lernleistung vorzufinden, je nachdem ob das Techniktraining unter Ruhe- oder Belastungsbedingungen durchgeführt wurde ($F_{MZXTratxNiv}=7,523$, $p=,008^{*}$, $\epsilon=,320$, $1-\beta=,772$).

Um herauszufinden, welcher Faktor für die Signifikanz verantwortlich ist, wurden post hoc zwei separate einfaktorielle Varianzanalysen für Anfänger und Fortgeschrittene durchgeführt.

Anfänger

Bei den Anfängern ergibt die Analyse, dass die Ruhegruppe eine signifikant bessere Leistungsentwicklung zu verzeichnen hat als die Belastungsgruppe ($F_{\text{MZXpTreat}}=4,637$, $p=,038^*$, $\varepsilon=,359$, $1-\beta=,554$). Dieser Befund bestätigt also die Haupthypothese der Untersuchung:

Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer neuen komplexen Bewegungstechnik wirkt sich negativ auf die Lernleistung aus!

Die Grundlagenbefunde, die aus Untersuchungen an Parameter-Optimierungs-Aufgaben hervorgegangen sind (s. 2.3.2.2), lassen sich also nicht auf das Lernen der komplexen Bewegungstechnik „Hook-Shot“ in einer sportpraktischen Umgebung übertragen. Dieser Befund rechtfertigt somit das in der Trainingslehre häufig propagierte Vorgehen, bei Anfängern auf größere konditionelle Vorbelastungen zu verzichten, wenn eine Technik gelernt werden soll. Da diesem Feldexperiment durchaus eine hohe externe Validität zugeschrieben werden kann, ist eine Generalisierung auf andere, in der Komplexität ähnliche Bewegungstechniken auf jeden Fall denkbar. Auch eine Übertragbarkeit auf andere Personengruppen erscheint plausibel, sollte jedoch in weiteren Untersuchungen explizit nachgewiesen werden.

Fortgeschrittene

Bei den Fortgeschrittenen ist der Lernvorteil der Belastungsgruppe zwar sehr deutlich (+1,07 Punkte), aber im statistischen Sinne nicht signifikant ($F_{\text{MZXpTreat}}=3,059$, $p=,089$). Berücksichtigt man hier allerdings das vorher angesprochene Problem, dass durch die geringere Versuchspersonenanzahl je Gruppe ($n=19$) auch die Teststärke deutlich gesunken ist ($1-\beta=,399$), so kann man davon ausgehen, dass der Leistungsunterschied, wenn auch nicht statistisch signifikant, so doch auf jeden Fall praxisrelevant ist. Dies wird auch durch die Größe des Effekts (mittlerer Effekt: $\varepsilon=,287$) bestätigt.

Die Forschungshypothese, dass *ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik die Lernleistung bei Fortgeschrittenen verbessert*, muss somit in statistischem Sinne zurückgewiesen werden, wenngleich sie tendenziell durchaus bestätigt wurde.

Auch dieser Befund bietet somit keinen Anlass für Einwände gegen die aktuellen Lehrmeinungen, dass das Techniktraining im Sinne der Variation und der Abschirmung durchaus unter verschiedenen Beanspruchungen durchgeführt werden sollte (vgl. 2.4.2).

5.3.1.3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse im HU sind in Tabelle 24 nochmals zusammengefasst. Die durchschnittliche Leistung hat sich durch das Treatment signifikant verbessert, unabhängig davon, ob die Spieler der Ruhegruppe oder der Belastungsgruppe angehörten. Fokussiert man jedoch den Aspekt, auf welchem Lernstadium sich die Kinder zu Beginn der Untersuchung bewegten, so geht ganz deutlich hervor, dass *eine konditionelle Vorbelastung das Techniktraining bei Anfängern negativ beeinflusst*. Bei Fortgeschrittenen dagegen ist es tendenziell eher vorteilhaft, sich vor dem Techniktraining in einer Konditionseinheit auszupowern.

Tab. 24: *Testergebnisse im unbelasteten Hook-Shot*

↑: „Leistungsanstieg“ im angegebenen Zeitraum

+: „Leistungsvorteil“ der entsprechenden Treatmentgruppe

o: „kein Unterschied“ zwischen den Treatmentgruppen

Kein Stern: tendenziell, *: signifikant auf dem 5%-Niveau, **: signifikant auf dem 1%-Niveau

Lernstadium	Treatment	Pretest - Posttest
		↑ **
	Belastung	o
	Ruhe	
Anfänger	Belastung	+ *
	Ruhe	
Fortgeschrittene	Belastung	+
	Ruhe	

5.3.2 Belastungstransfer

Wie sehen nun allerdings die Untersuchungsergebnisse zu den im Test unter Belastungsbedingungen durchgeführten Hook-Shots aus? Wie bereits in Abschnitt C5.1.2 (Abb. 27) zu sehen war, konnte durch die Trainingsmaßnahme die Leistung im HB signifikant verbessert werden. Das Training hatte folglich auch für die Situation unter Belastungsbedingungen eine positive Auswirkung auf den Wurferfolg im Hook-Shot. Das durchgeführte Hook-Shot-Training ist somit insgesamt gesehen als erfolgreich anzusehen. Dieses Ergebnis ist für die Praxis sogar bedeutsamer als das im HU, da die Würfe

im Basketball-Wettkampf als der praktischen Bewährungssituation des Trainings nur selten in ausgeruhtem Zustand ausgeführt werden.

5.3.2.1 Einfluss der Belastung

Als interessant erweist sich ein Blick auf die Unterschiede der beiden Treatmentgruppen bei der Leistungsentwicklung. Im Gegensatz zu den unbelastet durchgeführten Testwürfen war gemäß der Spezifitätshypothese zu erwarten, dass die Belastungsgruppe gegenüber der Ruhegruppe auf jeden Fall im Vorteil war, da sie in jeder Trainingseinheit die Würfe genau unter den Testbedingungen, nämlich nach dem 10-minütigen Zirkeltraining, geübt hatte. Dies war jedoch ganz offensichtlich nicht der Fall. Bei der Ruhegruppe sind im HB sogar größere Lernfortschritte zu erkennen als bei der Belastungsgruppe (s. Abb. 36), obwohl sie im Gegensatz zur Belastungsgruppe den Wurf nie in belastetem Zustand geübt hatte. Dieser Befund widerspricht zwar dem intuitiv erwarteten, deckt sich jedoch mit den Ergebnissen von Olivier (1996) und Dillinger (2003), die ebenfalls in einer Belastungstransfer-Aufgabe keine Vorteile derjenigen Versuchspersonen feststellen konnten, die die Aufgabe unter genau diesen Belastungsbedingungen geübt hatten. Über die Gründe für diesen Sachverhalt wird nach Vorliegen der bezüglich des Lernstadiums detaillierten Befunde spekuliert. Offensichtlich ist jedoch für den Lernprozess der Belastungstransfer als nachrangig gegenüber dem Beherrschen der Fertigkeit einzustufen.

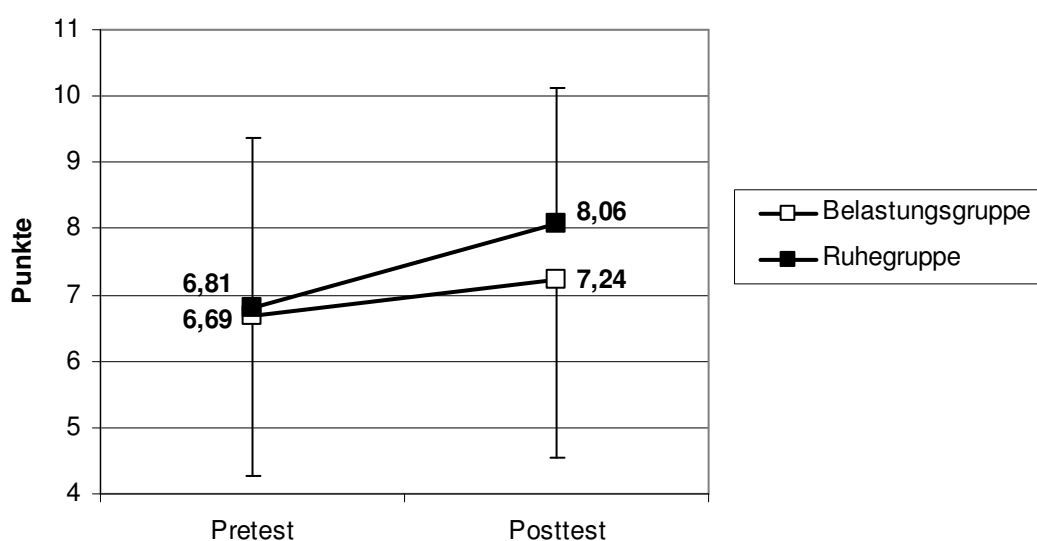


Abb. 36: Lernverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Die Überprüfung des Leistungsunterschieds zwischen Pre- und Posttest auf statistische Signifikanz erfolgte wie im HU mit Hilfe einer Varianzanalyse. Der Unterschied in der Lernleistung zwischen Ruhegruppe und Belastungsgruppe im HB erwies sich dabei als statistisch nicht signifikant ($F_{MZP \times Treat} = 2,421$, $p = ,124$, $1 - \beta = ,336$). Nicht vernachlässigen sollte man allerdings, dass die Ruhegruppe doch einen für die Praxis nicht unbedeutenden Lernvorteil von 0,7 Punkten erreichen konnte ($\epsilon = ,179$), der bei geringerer Dropout-Rate durchaus zu statistischer Signifikanz hätte führen können. Den Schluss zu ziehen, dass es auch für die im Spiel relevante Aufgabe, den Hookshot nach einer Belastung auszuführen, über die gesamte Mannschaft hinweg betrachtet nicht von Bedeutung ist, unter welchen konditionellen Vorbelastungen das Techniktraining ausgeführt wurde, legt zwar die Statistik nahe. Jedoch soll auch für die HB im Detail überprüft werden, ob die eben dargestellten Effekte von weiteren Faktoren beeinflusst werden.

Exkurs: Einfluss des Geschlechts auf den belasteten Hook-Shot

Zunächst wurde ein Blick darauf geworfen, ob das Geschlecht einen Einflussfaktor auf die Leistungsentwicklungen bei der Belastungs- und Ruhegruppe darstellte. Dies geschah deshalb, weil in einer Untersuchung von Arnett et al. (2000) gezeigt wurde, dass Männer, die unter Belastung trainiert hatten, bei einer Transferaufgabe unter Ermüdungsbedingungen besser waren als die Kontrollgruppe, wogegen unter Belastung trainierende Frauen schlechter abschnitten als die Kontrollgruppe (vgl. 2.3.2.2). Dieser Analyse lagen allerdings keine theoretischen Ansätze zugrunde, warum das Geschlecht einen Einfluss auf diesen Belastungstransfer haben sollte.

Betrachtet man die HB-Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung unter diesem Aspekt, so ist zu erkennen, dass sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen die Ruhegruppe bessere Lernleistungen erzielte als die Belastungsgruppe (s. Abb. 37).

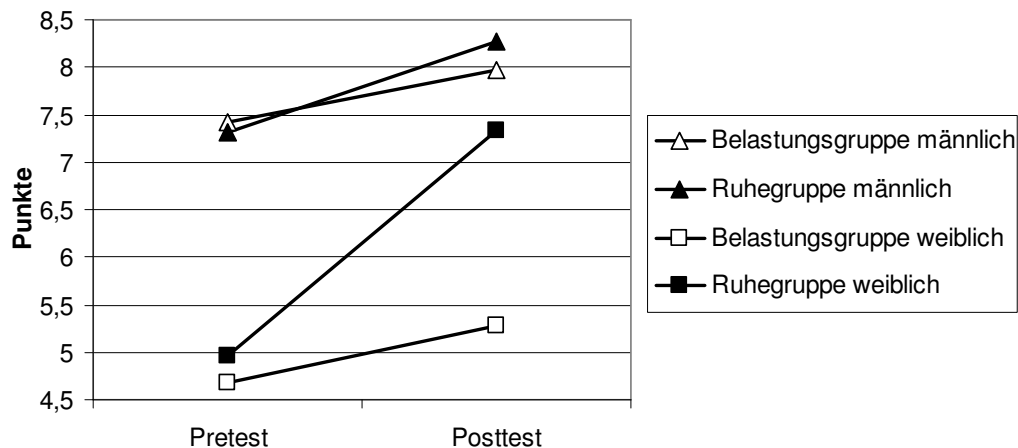


Abb. 37: Lernverläufe von männlicher und weiblicher Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Während die Unterschiede bei den Jungen recht gering sind ($\epsilon=,105$), sind sie bei den Mädchen dagegen gravierend (s. Tab. 25). Dies zeigt sich auch in einer großen Effektstärke ($\epsilon=,456$). Aufgrund der kleinen Stichprobe bei den Mädchen hatte dieses Ergebnis allerdings kaum eine Chance, statistisch signifikant zu werden ($1-\beta=,427$).

Tab. 25: Leistungsentwicklung im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest von Jungen und Mädchen der Belastungs- und der Ruhegruppe

Geschlecht	Treatment	n	Pretest		Posttest		F	p
			\bar{x}	s	\bar{x}	s		
Jungen	Belastung	30	7,42	2,12	7,96	2,40	0,638	,428
	Ruhe	29	7,32	2,46	8,26	1,97		
Mädchen	Belastung	11	4,68	2,09	5,27	2,61	3,539	,077
	Ruhe	8	4,96	2,21	7,34	2,33		

Vergleicht man diese Ergebnisse nun mit denen von Arnett et al. (2000), so decken sie sich bei den weiblichen Probanden, während sie bei den männlichen divergieren. Arnett et al. sahen die Spezifitätshypothese für die Männer bestätigt, für die Frauen hingegen nicht. Allerdings gaben sie zu bedenken, dass auch die motorische Vorerfahrung eine Rolle spielen könnte. Genau das legt nun auch die Betrachtung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nahe. Viel eher als das Geschlecht scheint das Leistungsniveau zu Beginn der Übungsphase einen Einfluss darauf zu haben, wie sich verschiedene Beanspruchungen auf die Lernleistung bei unter Belastungsbedingungen durchgeführten Würfeln auswirken. Eben dieser Aspekt wird nun im Folgenden untersucht.

5.3.2.2 Einfluss des Lernstadiums

Sowohl bei den Anfängern als auch bei Fortgeschrittenen war gemäß der Spezifitätshypothese erwartet worden, dass ein ständiges Auseinandersetzen mit den neuromuskulären Beanspruchungen des Zirkeltrainings während der Ausführung der Hook-Shots in der Übungsphase sich positiv auswirkt, wenn die Würfe im Test unter genau denselben Bedingungen ausgeführt werden müssen. Dass das Leistungsniveau, auf dem sich die Spieler zu Beginn der Trainingsmaßnahme befinden, dabei durchaus von Bedeutung sein kann, zeichnete sich bereits im vorigen Abschnitt ab und wird durch die folgenden Auswertungen eindrucksvoll bestätigt (s. Abb. 38).

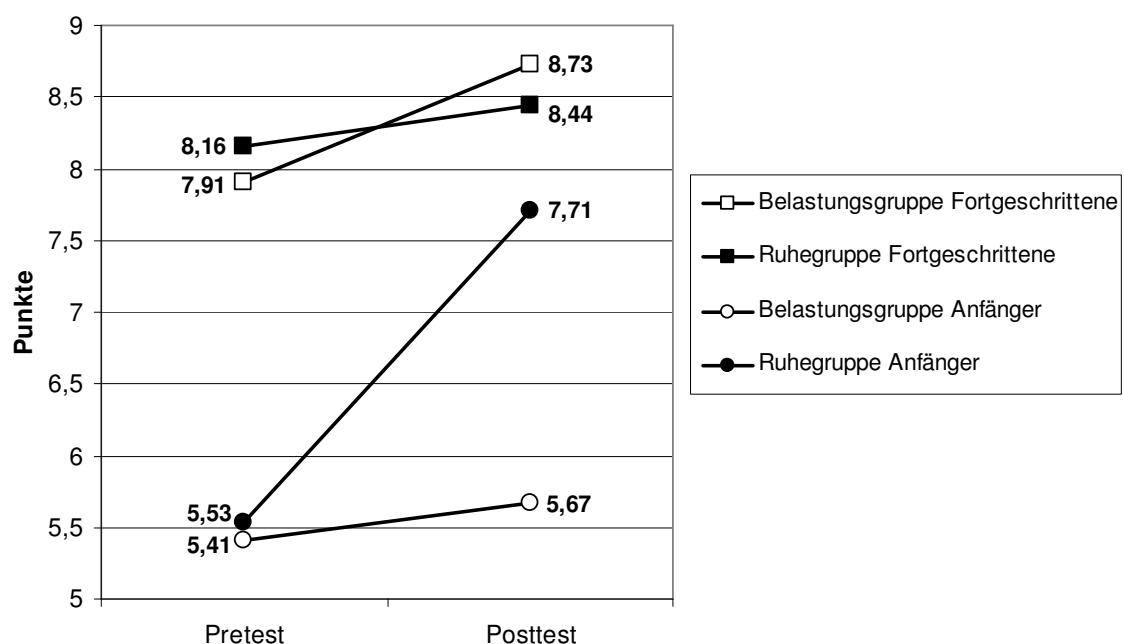


Abb. 38: Lernverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest

Die unter Ruhebedingungen trainierenden Anfänger erreichen im HB im Posttest bedeutend bessere Wurfresultate als die unter Belastungsbedingungen Trainierenden ($F_{MZPxTreat}=11,049$, $p=,002^{**}$, $\epsilon=,547$, $1-\beta=,899$). Im Anfängerbereich ist also entgegen der ursprünglichen Annahme überraschenderweise die Ähnlichkeit der Beanspruchungssituation bei der Durchführung der Würfe mit der im Training induzierten Situation völlig unbedeutend. Entscheidend ist vielmehr, dass die Technik tatsächlich in Ruhe gelernt werden kann. Die Übertragung auf eine andere Belastungsbedingung gelingt scheinbar mühelos. Somit ist das Auftreten belastender Bedingungen für die Technikausführung

im Wettkampf kein Rechtfertigungsgrund dafür, Anfängern eine Technik unter derartig erschwerenden Bedingungen zu vermitteln.

Die Forschungshypothese, die einen positiven Effekt der Belastungsbedingungen im Training postulierte, muss also zurückgewiesen werden. Somit ist als neue Hypothese zu fordern:

Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer neuen komplexen Bewegungstechnik wirkt sich auch dann negativ auf die Lernleistung aus, wenn die Bewegung unter Belastungsbedingungen ausgeführt wird.

Bei den Fortgeschrittenen weist die Belastungsgruppe im HB genau wie bereits vorher im HU Lernvorteile gegenüber der Ruhegruppe auf (s. Abb. 38). Der Unterschied zwischen den Treatmentgruppen ist jedoch nicht so groß wie angenommen und ist auch statistisch nicht signifikant ($F_{MZX\text{Treat}}=0,716$, $p=,403$, $\epsilon=,139$). Für Fortgeschrittene hängt der Bewegungsoutput in einer belasteten Situation also nicht davon ab, ob das Techniktraining in ausgeruhtem oder in belastetem Zustand durchgeführt wird.

Insgesamt kann somit bestätigt werden, was auch bereits Olivier et al. (2001, S. 50) feststellten, nämlich dass „entgegen allen Plausibilitätsüberlegungen der Trainingslehre und entgegen der ‚specificity-hypothesis‘ der Motorikforschung [...] Techniktraining unter konditionellen Belastungsbedingungen gegenüber unbelastet durchgeführtem Techniktraining keine Vorteile bei Erhebung der Lernleistung unter konditionellen Belastungsbedingungen aufweist.“

5.3.2.3 Zusammenfassung

Muss die im Techniktraining geübte Bewegung unter Belastungsbedingungen ausgeführt werden, so ist nach dem Treatment eine hoch signifikante Verbesserung in der Bewegungsausführung vorzufinden. Erstaunlicherweise haben die Anfänger der Ruhegruppe dabei deutlich größere Leistungssteigerungen zu verzeichnen als Anfänger, die die Bewegung ständig unter den geforderten Belastungsbedingungen trainiert hatten. Bei den Fortgeschrittenen ist jedoch erwartungsgemäß die Belastungsgruppe gegenüber der Ruhegruppe im Vorteil (s. Tab. 26).

Tab. 26: Testergebnisse im belasteten Hook-Shot

↑: „Leistungsanstieg“ im angegebenen Zeitraum

+: „Leistungsvorteil“ der entsprechenden Treatmentgruppe

Kein Stern: tendenziell, **: signifikant auf dem 1%-Niveau

Lernstadium	Treatment	Pretest - Posttest
		↑ **
	Belastung Ruhe	+
Anfänger	Belastung Ruhe	+ **
Fortgeschrittene	Belastung Ruhe	+

5.3.3 Aufgabentransfer

Neben dem Belastungstransfer sollte noch untersucht werden, ob das Treatment unterschiedliche Auswirkungen auf eine andere Wurftechnik mit sich bringt. Es wäre theoretisch denkbar, dass das Auftreten einer Belastungssituation während des Hook-Shot-Trainings dabei hilft, eine andere Technik gegen Ermüdung abzuschirmen. Diese Überlegungen müssen allerdings durch die Befunde zum Belastungstransfer bereits wieder stark angezweifelt werden: Wenn das Training unter Belastungsbedingungen schon keinen positiven Einfluss auf die trainierte Wurftechnik hat, ist kaum noch zu erwarten, dass sie bei der Ausführung des Freiwurfs nach einer konditionellen Belastung irgendwelche Vorteile bringt. Nichtsdestotrotz wurde eine Analyse der Transferaufgabe vorgenommen. Die Transferaufgabe bestand, wie bereits beschrieben (s. 4.1.5.3), aus je 15 Freiwürfen, die genau wie die Hookshots sowohl in unbelastetem als auch in belastetem Zustand durchgeführt wurden.

Im Abschnitt C5.1.2 wurde der Leistungsverlauf der Gesamtstichprobe dargestellt. Die Leistung im FB hatte sich aufgrund der Anpassung an das Zirkeltraining deutlich verbessert, wogegen die FU-Leistung völlig unerwartet signifikant abgesunken war. Im Folgenden wurde untersucht, ob diese Verläufe durch unterschiedliche Treatmenteffekte zustande gekommen sind. Beim FU fällt auf, dass die Belastungsgruppe gegenüber der Ruhegruppe einen geringeren Leistungsrückgang zu verzeichnen hat (s. Abb. 39).

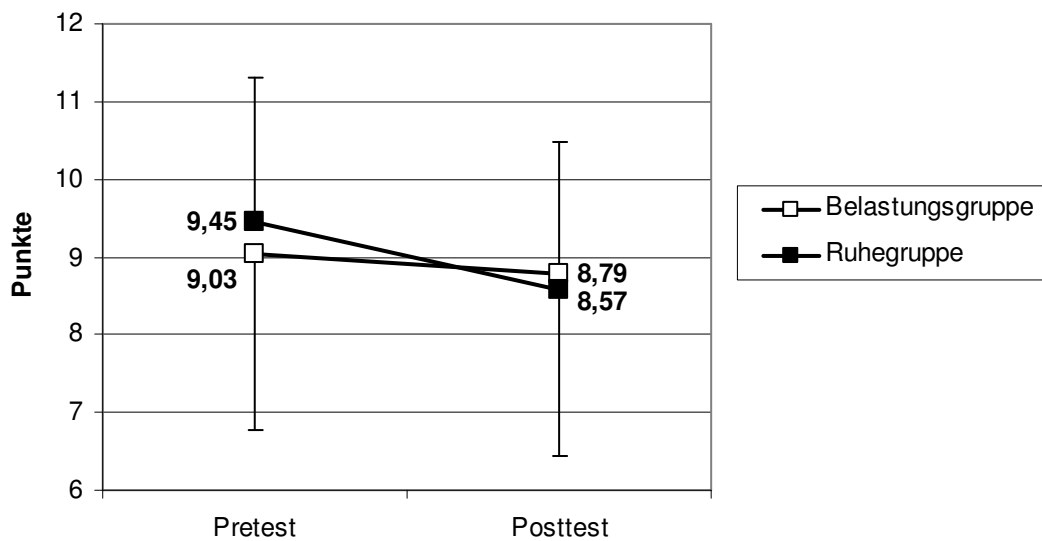


Abb. 39: Leistungsentwicklung von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Freiwurf vom Pre- zum Posttest

Die unterschiedlichen Leistungsverläufe sind jedoch statistisch nicht signifikant ($F_{MZPxTreat}=1,720$, $p=,194$, $\epsilon=,150$). Die größere Leistungseinbuße der Ruhegruppe hängt sicherlich auch damit zusammen, dass diese Spieler auf einem höheren Niveau starteten als die Spieler der Belastungsgruppe (t-Test auf gleiches Ausgangsniveau: $p=,279$). Der Verdacht auf Regression zur Mitte bei der Ruhegruppe bestätigt sich allerdings auch hier nicht ($r=,032$, $p=,850$). Die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Treatmentgruppe hatte also keine differenzierende Auswirkung auf das Absinken der FU-Leistung und bietet somit auch keinen neuen Erklärungsansatz für dieses überraschende Ergebnis.

Im FB sind die Pretest-Leistungen zwar recht unterschiedlich (t-Test auf gleiches Ausgangsniveau: $p=,160$), die Leistungsverläufe der beiden Treatmentgruppen sind jedoch annähernd parallel ($T_{MZPxTreat}=0,065$, $p=,800$) (s. Abb. 40).

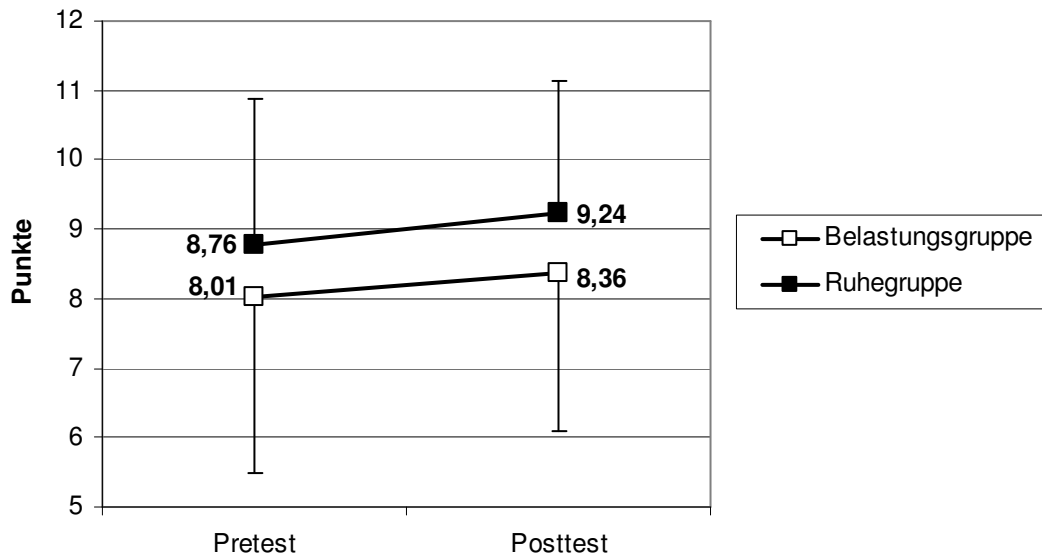


Abb. 40: Leistungsentwicklung von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Freiwurf vom Pre- zum Posttest

Das Trainieren des Hook-Shots nach der konditionellen Vorbelastung durch das Zirkeltraining brachte somit keine Vorteile für das Ausführen von Freiwürfen unter genau diesen Belastungsbedingungen (s. Tab. 27). Auch in Abhängigkeit des Lernstadiums ergeben sich für die Leistungsverläufe weder im FU noch im FB irgendwelche Auffälligkeiten. Die zu diesem Aspekt aufgestellte Forschungshypothese wird somit beibehalten:

Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik hat keinen Einfluss auf die Ausführung einer anderen Bewegungstechnik!

Dies gilt sowohl dann, wenn die andere Bewegungstechnik in Ruhe, als auch wenn sie unter den trainierten Belastungsbedingungen ausgeführt wird.

Diese Befunde zu komplexen Bewegungen zeigen Konformität mit denen zu Parameterlernaufgaben (Olivier, 1996). Auch dort führte das Training unter verschiedenen Belastungsbedingungen nicht zu unterschiedlichen Leistungen im Aufgabentransfer. Dies kann als weiteres Indiz dafür angesehen werden, dass das in die Kritik geratene Fähigkeitskonzept der Koordination (Hohmann et al., 2002) nicht zutreffend ist, sondern dass das Lösen von Koordinationsaufgaben *aufgaben- und situationsspezifisch* ist. Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis, dass das Trainieren unter konditionellen Belastungen, wenn überhaupt, dann nur für die so trainierte Technik die Lernleistung beeinflusst. Es

sind also weder negative noch positive Transfereffekte zu erwarten. Der Trainer muss folglich einerseits nicht befürchten, dass das Techniktraining durch eine innerhalb der Trainingseinheit länger zurückliegende Konditionseinheit negativ beeinflusst wird. Genauso wenig kann er aber darauf bauen, dass das Üben von Bewegungen unter wett-kampfähnlichen Bedingungen auch andere Techniken gegen Ermüdung abschirmt.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse bezüglich des Aufgabentransfers sind in Tabelle 27 zusammengestellt.

Tab. 27: *Testergebnisse im unbelasteten und belasteten Freiwurf*

↓ bzw. ↑: „Leistungsreduktion“ bzw. „Leistungsanstieg“ im angegebenen Zeitraum
 +: „Leistungsvorteil“ der entsprechenden Treatmentgruppe
 o: „kein Unterschied“ zwischen den Treatmentgruppen
 Kein Stern: tendenziell, *: signifikant auf dem 5%-Niveau

Wurfart	Treatment	Pretest - Posttest
FU		↓ *
	Belastung	+
	Ruhe	
FB		↑
	Belastung	o
	Ruhe	

Die Leistung im FU ging unerwarteter Weise nach den Wochen des Treatments stark zurück. Von dieser negativen Entwicklung waren die Spieler der Ruhegruppe stärker betroffen als die Spieler der Belastungsgruppe. Erwartungsgemäß war dagegen der Verlauf im FB. Beide Treatmentgruppen nutzten die gesteigerte Fitness zu verbesserten Wurfleistungen.

5.3.4 Retention

Die bisher dargestellten Ergebnisse beziehen sich fast ausschließlich auf die beiden Messzeitpunkte Pretest und Posttest. Es wurden also Effekte untersucht, die ein paar Tage nach dem 12maligen Training aufgetreten sind. Wie sehen jedoch die langfristigen Folgen dieses Treatments aus? Gibt es Veränderungen der Effekte, wenn vier Wochen lang kein Hookshot-Training mehr stattfindet? Die Ergebnisse zu dieser Fragestellung werden im folgenden Abschnitt präsentiert.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass aufgrund der im Retentiontest deutlich kleiner gewordenen Stichprobe, sehr große, in der Praxis kaum zu erwartende Effekte auftreten müssten, um statistisch signifikante Ergebnis hervorzubringen. Weiterhin darf nicht vernach-

lässt werden, dass die Standardabweichungen im Retentiontest sehr groß sind. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass seitens der Versuchsleitung kein Einfluss darauf genommen werden konnte, wie sich die Versuchspersonen während der Behaltensphase bezüglich der für die Tests relevanten Faktoren verhielten. Sie konnten den erlernten Wurf weiterhin üben, ihn im Spiel anwenden oder aber ihn kaum noch ausführen. Dies wirkt sich natürlich ungünstig auf die interne Validität des Tests bezüglich der Behaltensleistung aus. Andererseits tritt dieses Phänomen genau so in der Praxis auf und deshalb können, mit Einschränkungen, durchaus gewisse Rückschlüsse auf andere Umgebungsbedingungen (Sportart, Altersgruppe, etc.) gezogen werden. Der Fokus bezüglich der Auswertung der Behaltensleistung liegt aus den eben genannten Gründen jedoch auf einer deskriptiven Analyse der Daten.

5.3.4.1 Einfluss der Belastung

Bei der Betrachtung des weiteren Entwicklungsverlauf der bis zum Retentiontest verbliebenen 42 Spieler wird offensichtlich, dass das Niveau im HU auch nach einer vierwöchigen Lernpause grundsätzlich gehalten werden kann (s. 5.1.2, Abb. 28). Dieses Ergebnis wird nun näher ins Visier genommen, indem nach unterschiedlichen Verläufen zwischen den beiden Treatmentgruppen gesucht wird.

Waren die Gruppen über 2 Messzeitpunkte noch schön parallelisiert, so ist das in nicht mehr ganz so idealer Weise der Fall, wenn man den Retentiontest hinzu nimmt. Durch den hohen nicht kontrollierbaren Dropout sind für die folgenden Tests die Ausgangsleistungen der Gruppen etwas unterschiedlich (t-Test auf gleiches Ausgangsniveau im HU: $p=,255$), was bei der Beurteilung der Ergebnisse beachtet werden muss. So startet im HU die Belastungsgruppe auf einem deutlich höheren Eingangsniveau als die Ruhegruppe (s. Abb. 41).

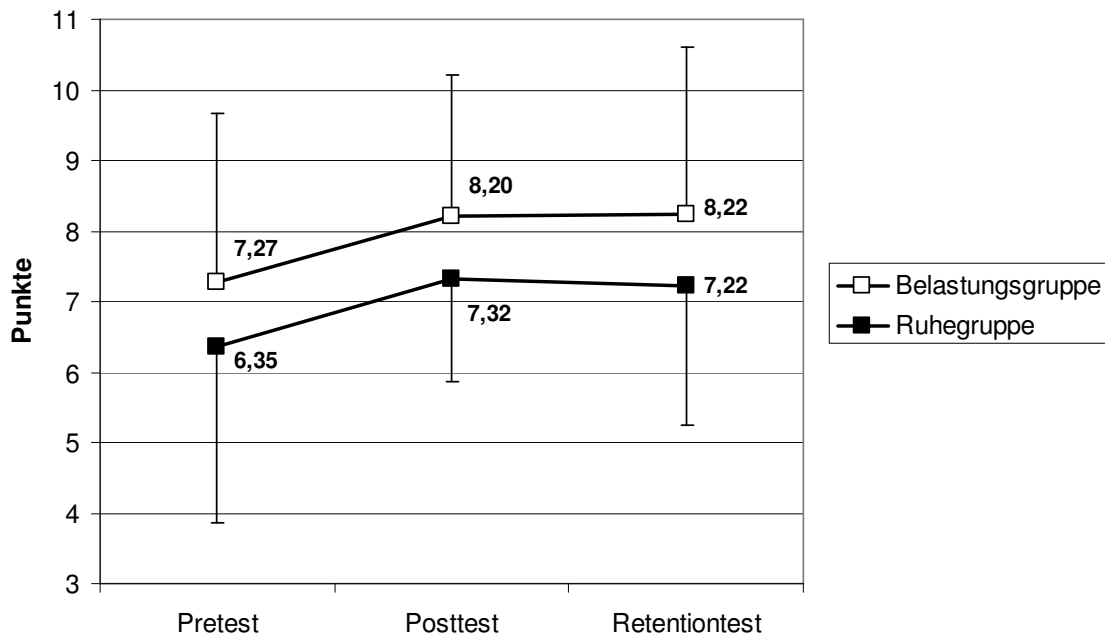


Abb. 41: Leistungsverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Post- und Retentiontest

Aufgrund der sich abflachenden Lernkurve bei Fortgeschrittenen wäre somit eine geringere Leistungssteigerung der Belastungsgruppe gut zu begründen gewesen. Die Leistungssteigerung der Belastungsgruppe bis zum Posttest ist jedoch quasi identisch mit der der Ruhegruppe. Auch bis zum folgenden Retentiontest sind die Leistungsverläufe fast gleich (s. Abb. 41). Das Niveau im HU kann von beiden Gruppen gut gehalten werden. Diese Leistungsentwicklungen der beiden Treatmentgruppen ergeben über die drei Messzeitpunkte hinweg keinerlei Anlass, die eine oder andere Trainingsmethode zu favorisieren ($F_{MZP \times Treat} = 0,022$; $p = ,978$).

Betrachtet man dagegen den Leistungsverlauf im HB (s. Abb. 42), so ergeben sich zwischen den beiden Treatmentgruppen einige Auffälligkeiten. Während die Belastungsgruppe im Posttest fast auf ihrem Ausgangsniveau aus dem Pretest verharret, wird sie von der Ruhegruppe, die auf einem deutlich niedrigeren Niveau gestartet war, überflügelt (t-Test auf gleiches Ausgangsniveau im HB: $p = ,344$). Dieser tendenzielle Vorteil der Ruhegruppe ($F_{1;40} = 3,406$; $p = ,072$; $\epsilon = ,291$) könnte zu gewissen Teilen dem unterschiedlichen Ausgangsniveau zugeschrieben werden. Allerdings war der gleiche Effekt bereits an der großen Pretest-Posttest-Stichprobe, die bezüglich dieses Merkmals sehr gut parallelisiert war, bemerkt worden (s. 5.3.2.1). Auf theoretische Erklärungsmuster, warum es gerade bei unter Belastung auszuführenden Würfeln vorteilhaft sein sollte, den Wurf

ohne Belastung zu üben und anschließend eine Belastung zu durchlaufen, kann bislang nicht zurückgegriffen werden.

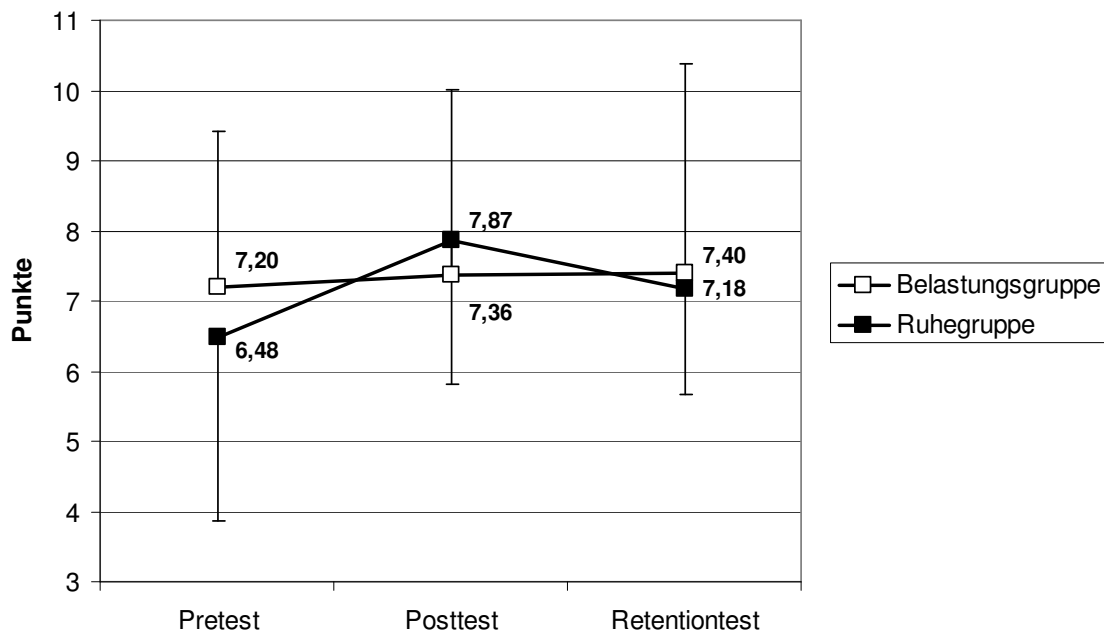


Abb. 42: Leistungsverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Post- und Retentiontest

Der eben angesprochene Aspekt ist zwar interessant, der eigentliche Grund für den Behaltenstest war es aber, den weiteren Verlauf der Leistung nach einer Retentionsphase zu analysieren. Während die Belastungsgruppe, nun im positiven Sinne, ihr Leistungsniveau halten kann, büßt die Ruhegruppe allerdings nach der 4wöchigen Hook-Shot-Trainingspause den klaren Vorsprung im Lernerfolg wieder komplett ein und landet mit ihrer HB-Leistung sogar unter dem Niveau der Belastungsgruppe (s. Abb. 42) ($F_{MZX\text{Treat}}=1,376$; $p=,248$; $\epsilon=,185$). Das „Gelernte“, eine trainierte Wurftechnik unter Belastungsbedingungen erfolgreich anzuwenden, wurde also wieder vergessen. Dieser Effekt ist teilweise sicherlich damit zu erklären, dass sich das Fehlen des Zirkeltrainings während der Behaltensphase negativ auf die Testleistung auswirkt. Um so verwunderlicher ist jedoch, dass die Belastungsgruppe das Niveau im HB trotzdem halten kann (s. Abb. 42). Sie hatte allerdings im Vergleich mit der Ruhegruppe so gut wie nichts dazu-gelernt, konnte also auch nicht so viel „vergessen“.

Beim Vergleich der Leistungsverbesserung vom Pretest zum Retentiontest ist, trotz des „Vergessens“, die Ruhegruppe insgesamt ein wenig im Vorteil ($F_{MZX\text{Treat}}=0,400$; $p=,531$; $\epsilon=,101$). Trotzdem sind die Indizien zur Behaltensleistung nicht ausreichend

dafür, trainingsmethodische Konsequenzen bezüglich der Belastungsgestaltung im Techniktraining abzuleiten.

5.3.4.2 Einfluss des Lernstadiums

Da sich bei der Analyse der Pre- und Posttest-Leistungen herausgestellt hatte, dass das Lernstadium einen signifikanten Einfluss darauf hat, wie sich das Zirkeltraining auf die Lernleistung auswirkt, wird nun im Folgenden betrachtet, ob auch die langfristige Behaltensleistung der Treatmentgruppen vom Lernstadium abhängt.

Bei der Betrachtung der Ausgangsleistungen im Pretest ist sowohl für die Anfänger mit einem Wert von ca. 5 Punkten als auch für die Fortgeschrittenen mit einem Wert von ca. 8,5 Punkten ein ausgeglichenes Niveau zwischen Ruhe- und Belastungsgruppe vorzufinden (t-Test auf gleiches Ausgangsniveau Anfänger: $p=,588$, Fortgeschrittene: $p=,804$) (s. Abb. 43).

Im inferenzstatistischen Test weist die Dreifach-Interaktion zwischen Messzeitpunkt, Treatment und Lernstadium keinen signifikanten Wert auf (s. Tab. 28). Aufgrund der geringen Anzahl von Versuchspersonen in den einzelnen Zellen (8 bis 13), kann aber der ein oder andere Effekt durchaus als praxisrelevant interpretiert werden.

Bei den *Anfängern* stellt sich die Situation folgendermaßen dar (s. Abb. 43): Die Ruhegruppe verzeichnet im Posttest eine Leistungssteigerung um mehr als 2,5 Punkte. Bei der Belastungsgruppe fällt die Leistungssteigerung dagegen um knapp einen Punkt geringer aus. Somit konnte die Ruhegruppe den gegenüber der Belastungsgruppe geringfügig schlechteren Ausgangswert bis zum Posttest wett machen und überflügelte die Belastungsgruppe im Posttest sogar um einen halben Punkt. Dass bei den Anfängern die Ruhegruppe zwischen Pre- und Posttest deutlich besser gelernt hat, wurde an der entsprechenden Stichprobe bereits nachgewiesen (s. 5.3.1.2). Der weitere Leistungsverlauf bis zum Retentiontest relativiert den eben gewonnen Befund allerdings ein klein wenig, denn der Leistungsrückgang der Ruhegruppe fällt deutlich größer aus als der der Belastungsgruppe, so dass sich die Leistungen der beiden Gruppen nach einer vierwöchigen Pause wieder weitgehend angleichen. Diese Auffälligkeit, dass sich die Ruhegruppe um fast einen Punkt verschlechtert, während die Belastungsgruppe das Gelernte einigermaßen behalten kann, wird allerdings mit einer relativ hohen Irrtumswahrscheinlichkeit nicht signifikant (s. Tab. 28). Auch wenn die Befunde zum Retentiontest nicht so aussa-

gekräftigt sind, da in der Behaltensphase keine Kontrolle über das Verhalten der Versuchspersonen bestand, scheint es durchaus angeraten, sich Gedanken darüber zu machen, ob die Prozesse, die durch konditionelle Belastungen ausgelöst werden, das Lernverhalten auf neurophysiologischer Ebene verändern, so dass sich für die langfristige Behaltensleistung vorteilhafte Effekte ergeben. In der Praxis wird dieser Befund dagegen kaum Berge versetzen, denn in den seltensten Fällen wird eine neu gelernte Technik wochenlang wieder aus dem Trainingsplan verbannt werden.

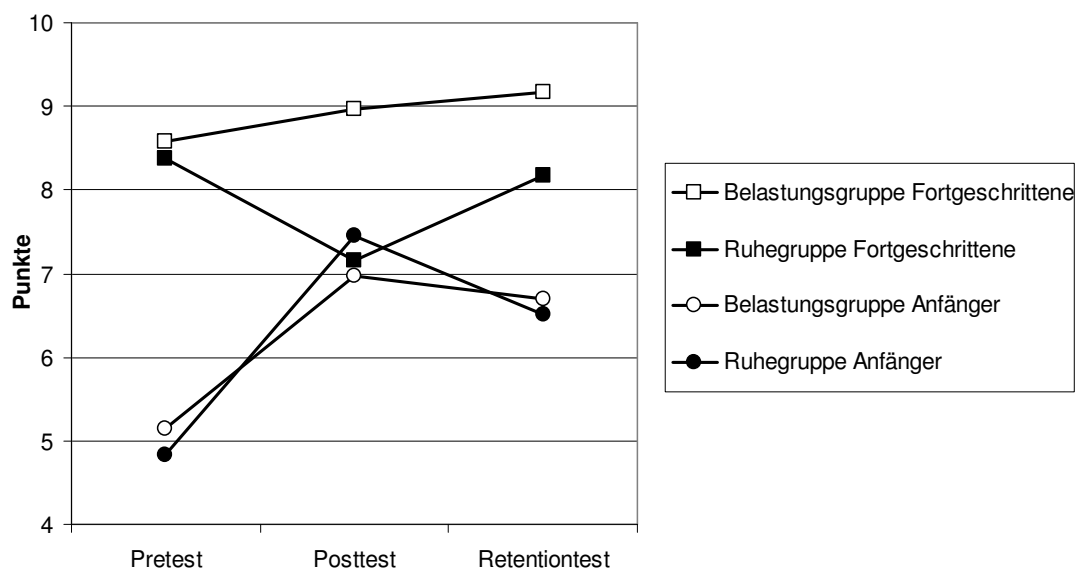


Abb. 43: Leistungsverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hookshot im Pre-, Post- und Retentiontest

Bei den *Fortgeschrittenen* (s. Abb. 43) tritt bei der Ruhegruppe zum Posttest hin ein gravierender, kaum zu erklärender Leistungseinbruch um über einen Punkt auf, während sich die Belastungsgruppe leicht steigern kann. Zum Zeitpunkt des Posttests besteht so ein großer Leistungsunterschied zwischen den beiden Treatmentgruppen. Aber auch hier ist diese Differenz aufgrund der geringen Stichprobengröße statistisch nicht signifikant (s. Tab. 28). Wie bei den Anfängern verblassen die Leistungsunterschiede der beiden fortgeschrittenen Gruppen zum Retentiontest hin. Allerdings besteht weiterhin ein statistisch nicht signifikanter, aber in der Praxis nicht unbedeutender Leistungsvorsprung der Belastungsgruppe von knapp einem Punkt. Ein von den Belastungsbedingungen her variables Training bringt bei Spielern, die bereits über das absolute Anfängerniveau hinaus sind, also auch langfristig Lernvorteile mit sich. Somit ist die praktische Schluss-

folgerung hieraus, dass bei einer derartigen Zielgruppe durchaus Konditionstraining mit Techniktraining gekoppelt werden kann.

Tab. 28: *Ergebnisse der Varianzanalysen mit dem Faktor Treatment und dem Messwiederholungsfaktor Zeit im HU mit der Retentiontest-Stichprobe (signifikante Ergebnisse und große Effektstärken sind **fett** gedruckt)*

Lernstadium	Pretest - Posttest	Posttest - Retentiontest	Pretest - Retentiontest	Pretest - Posttest - Retentiontest
Hook-Shot unbelastet				
Anfänger	F=0,833 p=,374 ϵ =,215 1- β =,139	F=0,498 p=,489 ϵ =,167 1- β =,103	F=0,024 p=,878 ϵ =,003 1- β =,052	F=0,436 p=,654 ϵ =,227 1- β =,109
Fortgeschrittene	F=3,393 p=,080 ϵ=,412 1- β =,418	F=1,295 p=,269 ϵ =,255 1- β =,192	F=0,846 p=,369 ϵ =,207 1- β =,141	F=1,693 p=,211 ϵ=,422 1- β =,311
Dreifachinteraktion (Zeit x Treatment x Lernstadium)				F=1,932 p=,159 ϵ =,324 1- β =,375
Hook-Shot belastet				
Anfänger	F=17,525 p=,001** ϵ=,986 1-β=,997	F=0,024 p=,878 ϵ =,003 1- β =,053	F=9,997 p=,005** ϵ=,745 1-β=,848	F=11,256 p=,001** ϵ=1,151 1-β=,979
Fortgeschrittene	F=0,418 p=,525 ϵ =,143 1- β =,094	F=3,289 p=,085 ϵ=,405 1- β =,408	F=3,159 p=,091 ϵ =,397 1- β =,395	F=2,084 p=,152 ϵ=,469 1- β =,375
Dreifachinteraktion (Zeit x Treatment x Lernstadium)				F=6,525 p=,004** ϵ=,594 1-β=,884

Während die Ergebnisse des HU bezüglich der *Lernleistung* im HB mehr oder weniger repliziert wurden (s. 5.3.2.2), so ist das bei der *Behaltensleistung* nicht der Fall (s. Tab. 28).

Bei den Anfängern der Ruhegruppe ist im HB vom Pre- zum Posttest ein großer Leistungszuwachs zu erkennen. Die Belastungsgruppe dagegen verschlechtert sich entgegen aller Erwartungen (s. Abb. 44).

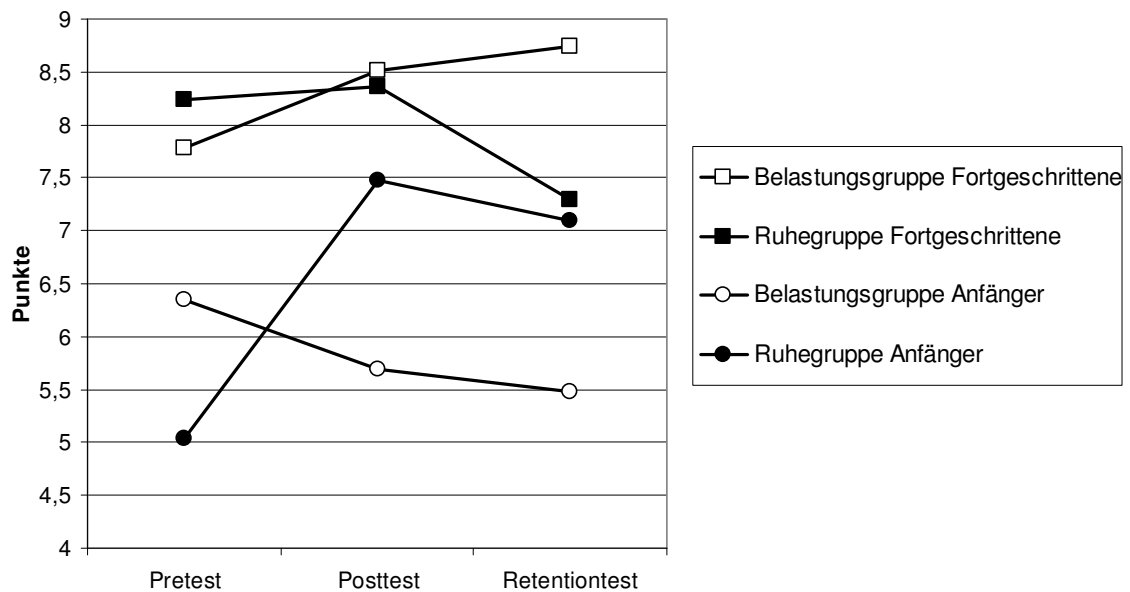


Abb. 44: Leistungsverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hookshot im Pre-, Post- und Retentiontest

Eine genauere Analyse dieses ungewöhnlichen Ergebnisses zeigte jedoch, dass die Stichprobe der unter Belastung trainierenden Anfänger, die auch noch zum Retentiontest verfügbar waren, eine besondere Selektion der Gesamtstichprobe war: Wenn man die Daten von Pre- und Posttest betrachtet, ist der Leistungsverlauf der Retentiontest-Stichprobe völlig anders als bei der Gesamtstichprobe bzw. den Dropouts (s. Abb. 45) ($F_{MZPxTreat}=5,708$; $p=,028^*$; $1-\beta=,618$).

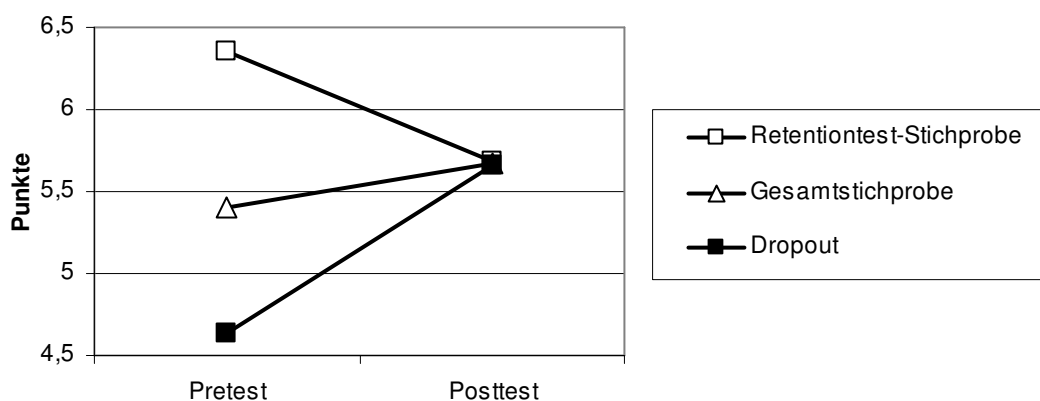


Abb. 45: Leistungen von verschiedenen Stichproben von Anfängern der Belastungsgruppe im belasteten Hookshot im Pre- und Posttest

Es handelte sich im Retentiontest also um Spieler, die sich vom Pre- zum Posttest im Schnitt deutlich verschlechtert hatten. Diese Spieler bauen nach der Trainingspause sogar noch weiter ab. Es fällt schwer, bezüglich der langfristigen Behaltensleistung inhalt-

liche Vergleiche dieser Spieler mit den Spielern der Ruhegruppe anzustellen, die sich vom Pre- zum Posttest um durchschnittlich mehr als 2 Punkte verbessert hatten und von diesem Spitzenwert nach der Retentionsphase leicht abfallen (s. Abb. 44). Trotzdem bleibt festzuhalten, dass die unter Ruhebedingungen trainierenden Anfänger deutliche Lernvorteile gegenüber den unter Belastungsbedingungen Trainierenden aufweisen, die im HB im Gegensatz zum HU auch noch beim Retentiontest klar nachzuweisen sind (s. Tab. 28).

Bei den Fortgeschrittenen gibt es über die 3 Messzeitpunkte hinweg dagegen keine signifikanten Gruppenunterschiede (s. Tab. 28). Aufgrund der geringen Stichprobengröße lohnt allerdings auch hier ein intensiverer Blick auf die Einzelvergleiche der Messzeitpunkte. Die Belastungsgruppe verbessert sich vom Pre- zum Retentiontest um fast einen Punkt, während sich die Ruhegruppe um knapp einen Punkt verschlechtert (s. Abb. 44). Dieses Ergebnis ist für die Praxis sicherlich bedeutsam. Wird die Technikausführung unter Belastungsbedingungen gefordert, so ist bei Fortgeschrittenen auch langfristig gesehen eine intensive konditionelle Vorbelastung für das Techniktraining durchaus mit positiven Effekten verbunden.

5.3.4.3 Zusammenfassung

In der mindestens 4 Wochen umfassenden Retentionsphase traten über die Wurfarten hinweg uneinheitliche Effekte auf. Während zu erwarten gewesen wäre, dass aufgrund des ausbleibenden Zirkeltrainings die Leistung in beiden *unter Belastung* durchgeführten Wurfarten zurückgehen würde, so war das nur beim HB der Fall. Im FB dagegen verharrten die Spieler auf dem durch das Treatment erhöhten Niveau. Da der Freiwurf gegenüber dem Hook-Shot die grundsätzlich gefestigtere Technik darstellte, verwunderte ebenso, dass im HU das Posttest-Niveau nach der Retentionsphase gehalten werden konnte, während es im FU noch weiter absank.

Wenngleich aufgrund der klein gewordenen Stichprobe keine signifikanten Ergebnisse zustande kamen, so ging aus den deskriptiven Ergebnissen doch hervor, dass die Behaltensleistungen der Belastungsgruppe in den meisten Fällen denen der Ruhegruppe überlegen waren (s. Tab. 29). Hierzu scheint weiterer Forschungsbedarf zu bestehen.

Tab. 29: *Testergebnisse aller Würfe im Retentiontest*

→, ↓ bzw. ↑: „keine Änderung“, „Leistungsreduktion“ bzw. „Leistungsanstieg“ im angegebenen Zeitraum

+ : „Leistungsvorteil“ der entsprechenden Treatmentgruppe

o: „kein Unterschied“ zwischen den Treatmentgruppen

Kein Stern: tendenziell, *: signifikant auf dem 5%-Niveau, **: signifikant auf dem 1%-Niveau

Wurfart	Lernstadium	Treatment	Posttest - Retentiontest	Pretest - Retentiontest
HU			→	↑**
		Belastung	o	o
		Ruhe		
	Anfänger	Belastung	+	o
		Ruhe		
	Fortgeschrittene	Belastung	o	+
		Ruhe		
HB			↓	↑
		Belastung	+	+
		Ruhe		
	Anfänger	Belastung	o	+
		Ruhe		
	Fortgeschrittene	Belastung	+	+
		Ruhe		
FU			↓	↓*
FB			→	↑**

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden wird die Vielzahl der Einzelergebnisse (C5.3.1 - C0) nochmals übersichtlich zusammengefasst (s. Tab. 30).

Das Hauptanliegen des Experiments war es, herauszufinden, inwiefern sich konditionelle Belastungen im Techniktraining auf die Lernleistung auswirken. Zu dieser Frage lautet die Antwort ganz eindeutig, dass es *im absoluten Anfängerbereich zu verminderten Lernerfolgen führt, wenn dem Techniktraining eine intensive konditionelle Belastung voraus geht*. Das Techniktraining in nur leicht erwärmtem Zustand ist hier deutlich effektiver. Dies trifft sowohl dann zu, wenn die Zieltechnik unter Ruhebedingungen ausgeführt wird, als auch, unerwarteter Weise, wenn sie unter spieltypischen Belastungsbedingungen erbracht werden muss.

Diese deutlichen Effekte verblassen nach einer vierwöchigen Trainingspause, in der die erlernte Technik nicht weiter trainiert wird.

Sobald ein gewisses Leistungsniveau erreicht ist (Fortgeschrittenen-Stadium), wirken sich konditionelle Belastungen nicht mehr negativ, sondern von der Tendenz her sogar positiv auf die Lernleistung bei unbelastet wie auch bei belastet ausgeführten Würfeln aus. Diese Tendenz, dass die Belastungsgruppe eine bessere Wurfleistung erbringt, bleibt auch nach einer vierwöchigen Trainingspause bestehen.

Tab. 30: *Testergebnisse aller Würfe zu allen Messzeitpunkten*

→, ↓ bzw. ↑: „keine Änderung“, „Leistungsreduktion“ bzw. „Leistungsanstieg“ im angegebenen Zeitraum

+: „Leistungsvorteil“ der entsprechenden Treatmentgruppe

o: „kein Unterschied“ zwischen den Treatmentgruppen

Kein Stern: tendenziell, *: signifikant auf dem 5%-Niveau, **: signifikant auf dem 1%-Niveau

Wurf	Lernstadium	Treatment	Pretest - Posttest	Posttest - Retentiontest	Pretest - Retentiontest
HU			↑ **	→	↑**
		Belastung	o	o	o
		Ruhe			
	Anfänger	Belastung		+	
		Ruhe	+ *		o
	Fortgeschrittene	Belastung	+	o	+
		Ruhe			
HB			↑ **	↓	↑
		Belastung		+	
		Ruhe	+		+
	Anfänger	Belastung		o	
		Ruhe	+ **		+
	Fortgeschrittene	Belastung	+	+	+
		Ruhe			
FU			↓ *	↓	↓*
		Belastung	+		
		Ruhe			
FB			↑	→	↑**
		Belastung			
		Ruhe	o		

Bei der Überprüfung von Transferwirkungen des Trainings auf eine andere Wurftechnik, den Freiwurf, zeigen sich keine Unterschiede, die auf die unterschiedlichen Belastungsbedingungen während des Hook-Shot-Trainings zurückzuführen sind. Für beide Treatmentgruppen ergab sich jedoch bei den unter Belastung durchgeführten Freiwürfen ein positiver Effekt durch das regelmäßig durchgeführte Zirkeltraining.

5.5 Fazit

Wenngleich es über die Gesamtheit der untersuchten Jugendlichen betrachtet gleichgültig zu sein scheint, ob eine Technik mit oder ohne konditioneller Vorbelastung trainiert wird, gingen aus dem Experiment doch eindeutige Hinweise darauf hervor, dass das Lernstadium eine sehr ernst zu nehmende Einflussgröße auf die Auswirkung konditioneller Belastungen auf den Bewegungslernprozess ist. Zusammenfassend ergeben sich aus den Befunden der vorliegenden Untersuchung folgende Trainingsempfehlungen: Bei Sportlern, die eine komplexe Bewegungstechnik erlernen wollen, sollte darauf geachtet werden, dass diese sich tatsächlich ausgeruht dem Techniktraining widmen, solange sie die Technik strukturell noch nicht beherrschen. Ist bereits ein relativ gutes Niveau bei den Sportlern vorhanden, soll das Techniktraining auf jeden Fall auch mit konditionellen (Vor-)Belastungen kombiniert werden.

Konkret bedeutet das für Trainer und Lehrer, dass sie unbedingt darauf achten sollten, dass ihre Schützlinge beim Neulernen einer Bewegung durch konditionelle Belastungen nicht überfordert werden. Handelt es sich um eine Übungsgruppe, deren Angehörige recht unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen, so ist es durchaus ratsam, die Gruppe für die Techniktrainingseinheit zu trennen. Arbeitet man dagegen mit Sportlern, die sich die Struktur der Bewegung sehr schnell aneignen oder die bereits über ein gewisses technisches Fertigniveau verfügen, so ist man bezüglich der Belastungsgestaltung vor und im Techniktraining weitgehend frei. Dieser Sachverhalt wird von Trainern sicherlich wohlwollend zur Kenntnis genommen, denn er ermöglicht folglich, dass durch die Kombination von Technik- und Konditionstraining relativ hohe Trainingsumfänge in einer Trainingseinheit absolviert werden können.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Problemstellung

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit den Auswirkungen konditioneller Belastungen auf das Techniktraining. Eine detaillierte Analyse des Forschungsstands zu diesem Thema brachte gewisse Unstimmigkeiten ans Tageslicht: Es herrscht in der Trainingswissenschaft keine Einigkeit darüber, ob größere konditionelle Belastungen vor oder während des Techniktrainings grundsätzlich ratsam sind und von welchen Einflussfaktoren die Wirkungen abhängen. Das Forschungsdefizit bestand hauptsächlich darin, dass die *Lernleistung* nach einem Techniktraining in Abhängigkeit des *Lernstadiums* und der *konditionellen Belastungsbedingungen sportartspezifisch* noch nicht untersucht wurde. Mit einer eigenen Studie sollte nun diese Lücke gefüllt und den folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

- Soll in Neulernsituationen Techniktraining nur in ausgeruhtem Zustand erfolgen?
- Ist für Fortgeschrittene Techniktraining unter Belastungsbedingungen sinnvoller?
- Ist das Trainieren einer Bewegungstechnik, die im Wettkampf in unterschiedlichen Belastungssituationen angewendet wird, unter Ruhebedingungen oder unter Belastungsbedingungen effektiver?
- Ist die langfristige Behaltensleistung einer trainierten Bewegungstechnik besser, wenn unter Ruhe- oder unter Belastungsbedingungen geübt wurde?
- Unterscheiden sich die beiden Trainingsvarianten bezüglich eines Transfereffekts auf ähnliche Bewegungstechniken?

Methodisches Vorgehen

Zur Aufklärung dieser Forschungsfragen wurde ein Trainingsexperiment durchgeführt, das durch eine hohe externe Validität große Praxisrelevanz mit sich brachte. Da der bisher bestehende Dissens in einer Verunsicherung in der Praxis bei Trainern, Übungsleitern und Lehrern resultierte, sollten klare Kriterien für das Techniktraining ermittelt werden. Als Forschungsmethode wurde die Feldforschung gewählt, um die bereits in Laboruntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse in die Sportpraxis zu übertragen und die eben geforderte externe Validität zu gewährleisten. Der damit im Allgemeinen einhergehenden Verringerung der internen Validität wurde durch möglichst große Sorgfalt

bei der methodischen Umsetzung begegnet. So wurde einiger Aufwand zur Operationalisierung der abhängigen Variablen betrieben. Die hohen Reliabilitätswerte und die erreichte Objektivität des dazu entwickelten Wurftests rechtfertigten jedoch dieses Vorgehen. Vortests zur Belastungswirkung der im Treatment gewählten Belastungsform an der Probandengruppe stellten sicher, dass nach diversen Anpassungen die gewünschten Beanspruchungen erzielt werden konnten. Vor dem Trainingsexperiment wurden im Rahmen einer Pilotstudie Fragen der Feldtauglichkeit des Treatments und Erhebungsverfahrens geklärt und kleinere Modifikationen vorgenommen.

Das so entstandene Untersuchungsdesign sah nun vor, mit mehr als 100 D-jugendlichen Vereins-Basketball-Spielern in 12 Trainingseinheiten den Hook-Shot als neue Wurftechnik zu trainieren. Während sich die Hälfte der Spieler vor dem Techniktraining einem sehr anstrengenden basketballspezifischen Zirkeltraining unterziehen musste, führte die andere Hälfte zunächst das Techniktraining und anschließend das Zirkeltraining aus. Die Leistung im so trainierten Hook-Shot wurde vor dem Treatment, direkt nach dem Treatment und nach einer mindestens vierwöchigen Retentionsphase erhoben. Als weitere unabhängige Variable wurde das Lernstadium bezüglich des Hook-Shots herangezogen, da gerade in Bezug auf diese Einflussgröße der größte Klärungsbedarf bestand. Als Belastungstransfer-Aufgabe musste der Wurf, wie es in der Praxis häufig auftritt, unter Belastungsbedingungen gezeigt werden. Zusätzlich wurden die Leistungen im als Transferaufgabe ausgewählten Freiwurf abgeprüft.

Als positiv gilt sicherlich zu vermelden, dass trotz anfänglicher Vorbehalte alle angefragten Teams an der Untersuchung teilnahmen. Da das Treatment während des normalen Mannschaftstrainings stattfand, waren auch innerhalb der Mannschaften alle Spieler an Bord. Somit sind bei der Interpretation der Ergebnisse keine Selektionseffekte zu berücksichtigen. Da die Versuchsleiterin sowohl bei der Ruhe- als auch bei der Belastungsgruppe alle Technik-Trainingseinheiten selbst leitete, kann auch ausgeschlossen werden, dass unerwünschte Effekte aufgrund unterschiedlicher Vermittlungsstrategien zustande kamen.

Kritisch zu sehen ist dagegen allerdings, dass über den großen Untersuchungszeitraum hinweg verständlicherweise nicht gewährleistet werden konnte, dass alle Probanden an jeder Trainingseinheit teilnahmen. Da jedoch der Großteil der Jugendlichen regelmäßig

trainierte und zudem statistisch abgesichert werden konnte, dass die Anzahl der absolvierten Trainingseinheiten keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatte, hat dieses Problem keine weiteren Konsequenzen. Anders sieht es hingegen bei der Dropout-Rate aus. Darauf vorbereitet, dass eine derartige Felduntersuchung eine gewisse Ausfallquote mit sich bringen würde, wurden deutlich mehr Versuchspersonen rekrutiert als die Berechnung des optimalen Stichprobenumfangs ergeben hatte. So erwies sich der Dropout vom Pre- zum Posttest mit ca. 30% als hinnehmbar, da somit zur Analyse der wichtigsten Forschungsfragen noch 80 Versuchspersonen zur Verfügung standen. Nach der mindestens vierwöchigen Pause bis zum Retentiontest fiel jedoch nochmals die Hälfte der Stichprobe weg, sodass bei allen Auswertungen zur Behaltensleistung die Teststärke so weit absank, dass auf inferenzstatistische Aussagen verzichtet werden musste.

Resümierend kann die methodische Umsetzung des Forschungsvorhabens als durchaus gelungen bezeichnet werden. Durch die Wahl jugendlicher Vereinsspieler als Stichprobe, des Hook-Shot als komplexer Lernaufgabe und des praxisnahen Treatments ist dem Experiment eine sehr hohe Praxisrelevanz zu attestieren. Durch das sehr sorgfältige Vorgehen zur Sicherung der internen Validität darf man zusätzlich davon ausgehen, dass mit dieser Felduntersuchung ein Beitrag zur wissenschaftlichen Fundierung von Trainingsmethoden erbracht werden konnte.

Ergebnisse

Die gewonnen Ergebnisse entsprechen größtenteils den Vorannahmen. Das Hook-Shot-Training führte insgesamt zu einer deutlichen Leistungssteigerung. Bezüglich der Forschungsfragen ergaben sich interessante Erkenntnisse. Betrachtet man die Auswirkung der konditionellen Belastung durch das Zirkeltraining auf den Lernerfolg im Techniktraining, so ergeben sich über die gesamte Trainingsgruppe hinweg überhaupt keine Unterschiede.

Wie die detaillierte Analyse ergab, ist dieser Gleichklang allerdings das Resultat zweier völlig konträrer Verläufe. Das *Lernstadium* erwies sich als starke Einflussgröße auf den Lernerfolg beim Techniktraining unter konditioneller Belastung. Denn während Fortgeschrittene deutlich größere Lernfortschritte erzielten, wenn sie unter Belastungsbedingungen trainierten, war bei den Anfängern genau das Gegenteil der Fall: die Belastungsgruppe lernte signifikant schlechter als die Ruhegruppe. Somit wurde die Forschungshypothese bestätigt, dass ***sich ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes***

Techniktraining einer neuen komplexen Bewegungstechnik negativ auf die Lernleistung auswirkt. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den vielfach propagierten Empfehlungen der Trainingslehre, im frühen Lernstadium auf starke Vorbelastungen zu verzichten (u. a. Hohmann et al., 2002; Schnabel, 1998). Die daran jüngst entstandenen Zweifel aufgrund von Erkenntnissen aus Laborexperimenten an Parameter-Lernaufgaben (Olivier, 1996), werden zumindest für die in der vorliegenden Untersuchung komplexere Bewegung widerlegt.

Auch wenn das Signifikanzniveau bei den Fortgeschrittenen knapp unterschritten wurde, so war doch ein großer Lernvorteil der Belastungsgruppe gegenüber der Ruhegruppe zu erkennen. Somit werden auch hier die aktuellen Lehrmeinungen, dass das Techniktraining im Sinne der Variation und der Abschirmung durchaus unter verschiedenen Beanspruchungen durchgeführt werden sollte (Hohmann et al., 2002), durch die Untersuchungsergebnisse wissenschaftlich fundiert.

Etwas überraschend war der Befund, dass sich an den eben dargestellten Ergebnissen nichts änderte, wenn die gelernten Würfe im Belastungstransfertest *nach dem Zirkeltraining* ausgeführt werden mussten. Auch in dieser Aufgabe erreichten die unter Ruhebedingungen trainierenden Anfänger bedeutend bessere Lernerfolge als die unter Belastungsbedingungen Trainierenden, obwohl sie im Gegensatz zur Belastungsgruppe den Wurf nie in belastetem Zustand geübt hatten. Entgegen der ursprünglichen Annahme ist die *Ähnlichkeit der Beanspruchungssituation* bei der Durchführung der Würfe mit der im Training induzierten Situation *gegenüber der Aneignung unter Ruhebedingungen* völlig unbedeutend. Die Übertragung auf eine andere Belastungsbedingung gelingt auch ohne spezielles Training. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zur Spezifitätshypothese (Magill, 1998a), bestätigt allerdings die empirischen Befunde anderer Autoren (Arnett et al., 2000; Dillinger, 2003; Olivier, 1996). Die Ergebnisse zu diesem Aspekt stellen einen wesentlichen Befund der vorliegenden Untersuchung dar. Die Evidenz steigt, dass die Spezifitätshypothese für konditionelle Belastungen nicht zutrifft.

Sobald ein gewisses Leistungsniveau erreicht ist, wirken sich die konditionellen Trainingsbelastungen von der Tendenz her positiv auf die Lernleistung bei den belastet ausgeführten Hook-Shots aus. Da dieses Ergebnis auch bei den unbelastet ausgeführten Hook-Shots vorzufinden war, wird das Zustandekommen dieses Befunds nicht mit der Spezifitätshypothese in Zusammenhang gebracht.

Bezüglich der langfristigen Behaltensleistung reicht aufgrund der oben beschriebenen Dropout-Problematik die experimentell erzielte Evidenz nicht aus, wissenschaftlich fundierte Aussagen zu generieren. Allerdings kann das Ganze im Nachhinein als Erkundungsexperiment angesehen werden, das immerhin eine Auffälligkeit erkennen ließ, der in Folgeexperimenten gezielt nachgegangen werden sollte. Die Belastungsgruppe scheint im Allgemeinen nach der vierwöchigen Hook-Shot-Trainingspause das Gelernte besser behalten zu können als die Ruhegruppe.

Die Analysen zum Aufgabentransfer brachten keine auffälligen Befunde mit sich: Ein unter konditionellen Belastungen durchgeführtes Techniktraining einer komplexen Bewegungstechnik hat keinen Einfluss auf die Ausführung einer anderen Bewegungstechnik.

Theoretische Folgerungen

Was den wissenschaftlichen Forschungsstand betrifft, hat die vorliegende Untersuchung folgende wertvolle Erkenntnisse geliefert:

- Das Lernstadium stellt einen elementaren Einflussfaktor auf die Auswirkung konditioneller Belastungen auf den Lernfortschritt im Techniktraining dar.
- Als weitere Einflussgröße scheint sich die Schwierigkeit der motorischen Aufgabe zu etablieren, da in der vorliegenden „komplexen“ Lernaufgabe im Gegensatz zu „einfachen“ Bewegungsaufgaben anderer Untersuchungen Auffälligkeiten bei den Lernleistungen nach konditionellen Belastungen aufgetreten sind.

Als theoretische Weiterentwicklung des Dreifaktorenmodells von Olivier (1996, vgl. 2.4.1) wird folgendes, an die Ressourcentheorie (Schönpflug, 1991) angelehnte Modell angeboten (s. Abb. 46): Bei der Bewältigung einer motorischen Aufgabe erfolgt ein Zugriff auf die inneren Ressourcen des Sportlers. Das Ausmaß, inwiefern die inneren Ressourcen dem Anforderungsprofil der Aufgabe gerecht werden können, bestimmt die Qualität der Bewegungsausführung. Jede Bewegungsausführung führt nun ihrerseits dazu, dass sich die inneren Ressourcen verändern. Im positiven Sinne führt sie beispielsweise auf psychischer Ebene im wiederholten Fall zu einer verbesserten Informationsverarbeitung, was letztlich mit einem fortgeschrittenen Lernstadium beschrieben werden könnte. Sowohl die der Bewegungsausführung und damit dem Techniktraining immanenten konditionellen Anforderungen, als auch die konditionellen Vorbelastungen, um die es in der dargestellten Untersuchung ging, führen zu energetischen Bean-

spruchungen und damit ebenfalls zu Veränderungen der inneren Ressourcen. Diese Beanspruchungen können sich z. B. durch eine Erhöhung des Aktivierungszustands positiv oder durch die Ausschöpfung der konsumptiven Energiereserven eher negativ auf die folgenden Bewegungsausführungen auswirken.

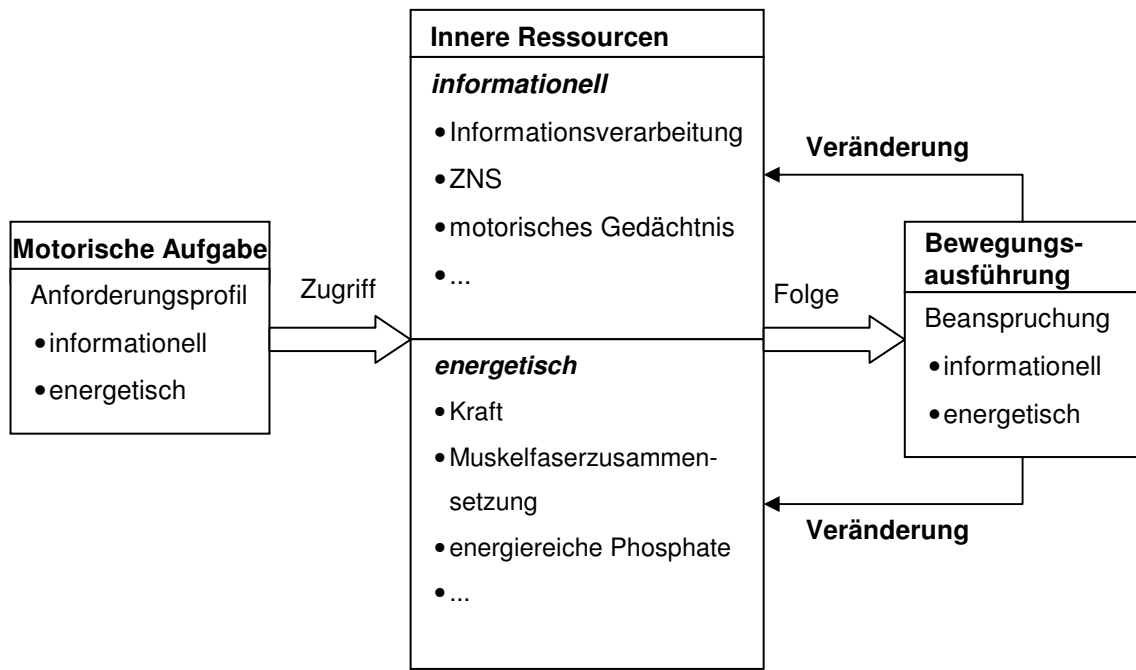


Abb. 46: Prozessmodell der Realisation einer motorischen Aufgabe

Dieser Ansatz ist gegenüber dem Drei-Faktoren-Modell viel allgemeiner gefasst. Durch die offene Anordnung vieler verschiedener Ressourcen integriert er alle bisher gefundenen Einflussfaktoren auf die Ausführung motorischer Bewegungen unter Belastung und bietet durch den neutralen Begriff der *Veränderung* innerer Ressourcen sowohl positiven als auch negativen Wirkungen konditioneller Belastungen Platz. Ein weiterer Fortschritt dieses Modells besteht in der Berücksichtigung zeitlicher Komponenten. Zum einen wird der Prozess dargestellt, wie die zu realisierende motorische Aufgabe über die Inanspruchnahme der Ressourcen in einer Bewegungsausführung resultiert. Zum anderen wird die Rückwirkung dieser Bewegungsrealisation auf die Ressourcen berücksichtigt, so dass anhand dieses Prozessmodells auch das motorische Lernen abgebildet werden kann.

7 Trainingspraktische Konsequenzen

Aus dem hier durchgeführten Feldexperiment mit jugendlichen Vereins-Basketball-Spielern ergeben sich wichtige Erkenntnisse, die sowohl für die Trainingspraxis im Nachwuchsbereich als auch für den Schulsport bedeutsam sind. Die Auswirkung konditioneller Belastungen auf den Lernverlauf hängen ganz stark davon ab, auf welchem Niveau sich die Übenden befinden. Deshalb ist es für den Trainer bzw. Lehrer dringend anzuraten, jeden einzelnen Übungsteilnehmer bezüglich des Beherrschungsgrades der zu übenden Technik zu analysieren. Bei Kindern und Jugendlichen, die die Technik strukturell noch nicht richtig ausführen können, soll dann unbedingt auf eine intensive konditionelle Vorbelastung verzichtet werden. Da dies bei der Einführung einer neuen Bewegungstechnik im Schulsport gerade in unteren Klassen sicherlich häufig die meisten Schüler betrifft, ist hier generell zu raten, Technikübungen in einer Schulstunde entweder isoliert oder zumindest vor Konditionsübungen durchzuführen. Aufgrund der Befunde zur Behaltensleistung ist zu empfehlen, die gelernten Techniken regelmäßig zu wiederholen, da bereits nach einer vierwöchigen Trainingspause deutliche Vergessenseffekte vorzufinden sind.

Anders stellt sich die Situation dagegen im Vereinstraining dar. Hier trifft man bereits in jungen Jahrgängen technisch gut entwickelte Spieler an. Die Trainer sollten sich dadurch jedoch nicht dazu verleiten lassen, bei allen Spielern ein hohes technisches Niveau vorauszusetzen. Gerade hier ist darauf zu achten, dass Spielern, die noch technische Defizite aufweisen, die Möglichkeit geboten wird, in einem ausgeruhten Zustand technische Einheiten zu absolvieren. Nur so kann gewährleistet werden, dass auch sie ein gutes technisches Niveau erlangen. Dabei ist es unbedeutend, ob die Technik in der sportlichen Bewährungssituation mit oder ohne Belastung gefordert wird. In der Praxis ist in solchen Situationen zu überlegen, heterogene Trainingsgruppen für bestimmte Übungsphasen zu trennen, denn bei Spielern, die die Struktur der Bewegung schnell erfasst haben oder die bereits über ein relativ gutes Niveau verfügen, ist es nach den vorliegenden Befunden durchaus anzuraten, konditionelle Belastungen in das Techniktraining zu integrieren.

Bei höherklassigen leistungsorientierten Jugendmannschaften ist aus diversen Gründen eine strikte Einhaltung der Reihenfolge „Techniktraining vor Konditionstraining“ hin-

fällig. Nicht nur aus motivationalen Gesichtspunkten ist ein stupides Einschleifen von Techniken überholt. Die empirisch nachgewiesenen Vorteile variablen Übens können nun auch auf die muskuläre Beanspruchungssituation erweitert werden. Dieser Sachverhalt wird von Trainern sicherlich wohlwollend zur Kenntnis genommen, denn er ermöglicht eine zeitökonomische Kombination konditioneller mit technischen Inhalten und ist deshalb gerade im mit knappen Zeitressourcen versehenen Nachwuchstraining sehr nützlich. Wichtig ist allerdings für den Trainer, Frustrationserlebnisse der Spieler zu vermeiden, indem er ihnen verständlich macht, dass die konditionellen Belastungen zwar zu einer verminderten Ausführungsleistung während des Trainings führen können, dass jedoch nachgewiesenermaßen die Lernleistung in der trainierten Technik langfristig höher ist.

Auch wenn die Übertragbarkeit der Befunde auf das Techniktraining bei Erwachsenen aufgrund deutlich anderer Bewegungserfahrungen nicht uneingeschränkt als gegeben betrachtet werden kann, so scheint es dennoch plausibel, auch bei Erwachsenen, die neue Bewegungstechniken lernen wollen, auf konditionelle Vorbelastungen zu verzichten. Sobald die Technik strukturell beherrscht wird, kann diese Prämisse entfallen. Bei Geübten dagegen, und dabei dürfte es sich um den überwiegenden Teil der Sport treibenden handeln, kann generell eine Kombination aus technischen und konditionellen Elementen im Training empfohlen werden.

Bei Leistungssportlern steht das Trainieren unter wettkampfspezifischen Belastungsbedingungen nicht zur Diskussion. Hier werden selbstverständlich die zu trainierenden Bewegungstechniken unter verschiedenen Beanspruchungssituationen durchgeführt. Sollten Leistungssportler aufgrund aktueller technischer Entwicklungen von einem Umlernen betroffen sein, scheint es aufgrund der Befundlage dennoch sinnvoll, selbst für diese Zielgruppe zunächst erschwerende Bedingungen im Training zu vermeiden. Eine Validierung der Erkenntnisse an dieser Stichprobe steht jedoch noch aus.

8 Ausblick

Das Forschungsproblem konnte mit der vorliegenden Feldstudie gut bearbeitet werden. Die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik zeigte jedoch auf, dass an einigen Stellen eine weitere Vertiefung durchaus wünschenswert wäre.

So wurde hier eine recht komplexe Bewegungstechnik als Lernaufgabe gewählt. Dies stellt für die praktische Bedeutung gegenüber Parameter-Lernaufgaben bereits einen großen Fortschritt dar. Allerdings ist für den tieferen Erkenntnisgewinn sicher eine weitere Abstufung der Komplexität der Lernaufgabe eine Herausforderung. Dies gilt ebenso für die Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen. So konnte die Generalisierbarkeit der Befunde von jugendlichen Vereinssportlern auf Schüler noch nachvollzogen werden. Gerade in der heutigen Zeit steht aber auch bei Erwachsenen das Neulernen von Bewegungen immer wieder auf dem Programm, da ständig neue Trendsportarten wie Inline-Skating, Nordic Walking usw. boomen und von den potenziellen Rezipienten tatsächlich gerne ausprobiert werden. Erwachsene bringen allerdings gegenüber den untersuchten Jugendlichen deutlich andere Bewegungserfahrungen mit. Dies könnte durchaus zu divergierenden Ergebnissen führen. Noch extremer stellt sich die Situation für Leistungssportler dar, die aufgrund aktueller technischer Entwicklungen von einem Umlernen betroffen sind. Eine Validierung der Erkenntnisse an anderen Stichproben erscheint somit sinnvoll.

Sehr interessant könnte im vorliegenden Forschungszusammenhang im Sinne der Grundlagenforschung auch das Heranziehen von Einzelfallanalysen sein. Denn die Resultate, die über Mittelwertvergleiche der Treatmentgruppen gewonnen wurden, bieten wenig Rückschlussmöglichkeiten auf neurophysiologische Vorgänge während des Lernprozesses. Man findet beispielsweise auch kaum Aussagen der gängigen motorischen Lerntheorien zu den Auswirkungen des neuromuskulären Funktionszustands, der jedoch, wie aufgezeigt, während des Lernprozesses im Sport stark variieren kann. Noch größerer Forschungsbedarf besteht zu den Prozessen, die nach der Aneignungsphase ablaufen. Was bleibt im motorischen Gedächtnis und was wird wieder vergessen? Dass die Art und Weise des Lernprozesses auch auf diese Vorgänge einen Einfluss hat, legen die Analysen der Retentionsphase nahe. Den tatsächlichen Lernverlauf Einzelner über einen größeren Zeitraum hinweg im Detail zu verfolgen, könnte hier sicherlich einen lohnenden Ansatz darstellen.

Literatur

- Abernethy, B., Wann, J. & Parks, S. (1998). Training perceptual-motor skills for sport. In B. Elliott (Eds.), *Training in sport. Applying sport science* (pp. 248-296). Chichester: Wiley.
- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Alderman, R. B. (1965). Influence of local fatigue on speed and accuracy in motor learning. *Research Quarterly*, 36, 131-140.
- Arnett, M. G., DeLuccia, D. & Gilmartin, K. (2000). Male and female differences and the specificity of fatigue on skill acquisition and transfer performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(2), 201-205.
- Augste, C. (2001). Die Auswirkung fahrradergometrischer Belastungen auf die Koordination beim Springen. In J. R. Nitsch & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen* (S. 289-295). Köln: bps.
- Bartz, D. W. & Smith, L. E. (1970). Effect of moderate exercise on the performance and learning of a gross motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 31, 187-190.
- Béliveau, L., Van Hoecke, J., Garapon Bar, C., Gaillard, E., Herry, J. P., Atlan, G. & Bouissou, P. (1992). Myoelectrical and metabolic changes in muscle fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 13 Suppl. 1, 153-155.
- Bender, R., Lange, S. & Ziegler, A. (2002). Multiples Testen. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 127(Suppl. Statistik), T 4-T 7.
- Benson, D. W. (1968). Influence of imposed fatigue on learning a jumping task and a juggling task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 39(2), 251-257.
- Bernstein, N. A. (1988). *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Barth.
- Bigland-Ritchie, B., Johansson, R. S., Lippold, O. C. J. & Woods, J. J. (1983). Contractile speed and EMG changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Neurophysiology*, 50, 313-324.
- Bigland-Ritchie, B. & Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscle fatigue. *Muscle and Nerve*, 7, 691-699.
- Blischke, K., Müller, H., Reiser, M., Panzer, S., Igel, C. & Daus, R. (1996). Untersuchungen zum Modellernen im Sport. In R. Daus, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 241-249). Hamburg: Czwalina.
- Blischke, K., Panzer, S., Müller, H., Müller, E. & Daus, R. (1997). Visuelles Feedback beim Modellernen im Sport - eine unnütze Maßnahme? In M. Tamme & E. Loosch (Hrsg.), *Motorik - Struktur und Funktion* (S. 161-165). Hamburg: Czwalina.
- Bonato, C., Zanette, G., Polo, A., Dongiovanni, G., Manganotti, P., Tinazzi, M., Teatini, F. & Fiaschi, A. (1994). Cortical output modulation after rapid repetitive movements. *Italian Journal of Neurological Science*, 15, 489-494.

- Bonnard, M., Sirin, A. V., Odsson, L. & Thortensson, A. (1994). Different strategies to compensate for the effects of fatigue revealed by neuromuscular adaptation processes in human. *Neuroscience Letter*, 166, 101-105.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5., vollst. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bös, K. (1988). Der Heidelberger-Basketball-Test (HBT). *Leistungssport*, 18(2), 17-24.
- Boutmans, J. & Vanhille, L. (1982). Konditionstraining Basketball. Vergleich zwischen zwei Trainingsarten: Circuittraining und spezifisches Konditionstraining. In R. Andresen & G. Hagedorn (Hrsg.), *Training im Sportspiel* (S. 172-197). Hamburg: Czwalina.
- Brach, M. (1996). EEG-Untersuchungen im Radsport unter Berücksichtigung der klassischen Aktivierungstheorie. In U. Bartmus, H. Heck, J. Mester, H. Schumann & G. Tidow (Hrsg.), *Aspekte der Sinnes- und Neuropsychologie im Sport* (S. 131-147). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Brasil-Neto, J. P., Pascual-Leone, A., Valls-Sole, J., Cammarota, A., Cohen, L. G. & Hallett, M. (1993). Postexercise depression of motor evoked potentials: a measure of central nervous system fatigue. *Experimental Brain Research*, 93, 181-184.
- Braun, R., Clauss, S., Nicklaus, H. & Wehner, S. (1995). *Basketball. Rahmentrainingskonzeption für Kinder und Jugendliche im Leistungssport*. Mülheim/Ruhr: Schöberr Offsetdruck.
- Büsch, D. (1993). *Sportmotorisches Lernen und Ausdauerbelastungen. Zum Einfluss von Ausdauerbelastungen auf das "allgemeine zentralnervöse Aktivierungsniveau" und das sportmotorische Lernen*. Frankfurt: Lang.
- Büsch, D. (1994). Ausdauerbelastungen und sportmotorisches Techniktraining - Konsequenzen fuer das Techniktraining in den Sportspielen. In G. Hagedorn & N. Heymen (Hrsg.), *Sportspiele - Konstanz und Wandel* (S. 176-187). Hamburg: Czwalina.
- Byrne, C., Twist, C. & Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Medicine*, 34(1), 49-69.
- Carron, A. V. (1969). Physical fatigue and motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 40(4), 682-686.
- Carron, A. V. (1972). Motor performance and learning under physical fatigue. *Medicine and Science in Sports*, 4(2), 101-106.
- Carron, A. V. & Ferchuk, A. D. (1971). The effect of fatigue on learning and performance of a gross motor task. *Journal of Motor Behavior*, 3(1), 62-68.
- Chappell, J. D., Herman, D. C., Knight, B. S., Kirkendall, D. T., Garrett, W. E. & Yu, B. (2005). Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1022-1029.
- Cochran, B. J. (1975). Effect of physical fatigue on learning to perform a novel motor task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 46(2), 243-249.

- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. London: Academic Press.
- Conzelmann, A. (1999). Grundlagen der Inferenzstatistik. In B. Strauß, H. Haag & M. Kolb (Hrsg.), *Datenanalyse in der Sportwissenschaft. Hermeneutische und statistische Verfahren*. Schorndorf: Hofmann.
- Daug, R. & Blaser, P. (1998). Motor Control and Motor Learning between Information Processing and Self-Organisation. In P. Blaser (Hrsg.), *Sport Kinetics '97* (S. 27-43). Hamburg: Czwalina.
- Daug, R., Blischke, K., Marschall, F., Müller, H. & Olivier, N. (1996). Sportmotorisches Lernen und Techniktraining - ein Werkstattbericht. *Leistungssport*, 26(4), 32-36.
- Daug, R., Mechling, H., Blischke, K. & Olivier, N. (1991a). Sportmotorisches Lernen und Techniktraining zwischen Theorie und Praxis. In R. Daug, H. Mechling, K. Blischke & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining* (S. 19-32). Schorndorf: Hofmann.
- Daug, R., Mechling, H., Blischke, K. & Olivier, N. (Hrsg.). (1991b). *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining*. Schorndorf: Hofmann.
- Deutscher Basketball Bund e.V. (Hrsg.). (2000). *Offizielle Basketball-Regeln für Männer und Frauen*. Karlsruhe: Badenia.
- Dickinson, J., Medhurst, C. & Whittingham, N. (1979). Warm-up and fatigue in skill acquisition and performance. *Journal of Motor Behavior*, 11(1), 81-86.
- Dillinger, M.-O. (1997). *Effekte einer belastungsbedingten Reduktion des muskelgruppenspezifischen Schnellkraftniveaus auf Aneignungs- und Lernleistung beim Training der Tiefstarttechnik*. Unveröff. Diplomarbeit. Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Dillinger, M.-O. (2003, 18. Juni). *Konditionelle Belastungen und Ergebniskonstanz. Zur Wirkung spezifischer Beanspruchungen auf Ausführungs- und Lernleistung bei trefferorientierten Wurfbewegungen*. Zugriff am 12.12.2004 unter <http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2003/91>
- Dwyer, J. (1984). Influence of physical fatigue on motor performance and learning Einfluss physischer Müdigkeit auf die motorische Leistung und das Lernen. *Physical Educator*, 41(3), 130-136.
- Edwards, R. H. T., Hill, D. K., Jones, D. A. & Merton, P. A. (1977). Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. In R. Porter & J. Whelan (Eds.), *Human muscle fatigue: physiological mechanisms* (pp. 1-18). London: Pitman Medical.
- Elsner, B. & Hommel, B. (2001). Effect anticipation and action control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 229-240.
- Enoka, R. M. & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1631-1648.

- Forestier, N. & Nougier, V. (1998). The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human. *Neuroscience Letter*, 252(3), 187-190.
- Frey, G. & Hildenbrandt, E. (1994). *Einführung in die Trainingslehre. Band 1: Grundlagen*. Schorndorf: Hofmann.
- Fulton, R. C., Strutton, P. H., McGregor, A. H. & Davey, N. J. (2002). Fatigue-induced change in corticospinal drive to back muscles in elite rowers. *Experimental Physiology*, 87(5), 593-600.
- Gandevia, S. C. (1998). Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, moto neurones and moto cortical drive. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 275-283.
- Gärtner, K. & Zapf, V. (1998). *Konditionstraining. Am Beispiel Basketball: Trainingsplanung und -steuerung im Leistungssport*. Sankt Augustin: Academia.
- Gerisch, G. (1983). Techniktraining unter konditioneller Beanspruchung. *Fußballtraining*, 1(5), 12-14.
- Gerisch, G. & Rode, G. (1989). Technik im Fußball unter dem Einfluss kurzzeitiger Maximalbelastung. In G. Gerisch & E. Rutenmüller (Hrsg.), *Leistungsfußball im Blickpunkt* (S. 125-149). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Godwin, M. A. & Schmidt, R. A. (1971). Muscular fatigue and learning a discrete motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 42(4), 374-382.
- Gollhofer, A., Komi, P. V., Fujitsuka, N. & Miyashita, M. (1987). Fatigue during stretch-shortening cycle exercises. Changes in neuromuscular activation patterns of human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 38-47.
- Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247-256.
- Grosser, M. & Neumaier, A. (1982). *Techniktraining. Theorie und Praxis aller Sportarten*. München: BLV.
- Guével, A., Hogrel, J. Y. & Marini, J. F. (2000). Fatigue of elbow-flexors during repeated flexion-extension cycles: effect of movement strategy. *International Journal of Sports Medicine*, 21(7), 492-498.
- Hagedorn, G. (1991). Anforderungsprofil des Basketballspiels. In G. Hagedorn, D. Niedlich & G. Schmidt (Hrsg.), *Basketball-Handbuch* (S. 37-46). Reinbek: Rowohlt.
- Hagedorn, G. (1996). Techniktraining. In G. Hagedorn, D. Niedlich & G. Schmidt (Hrsg.), *Das Basketball-Handbuch* (S. 385-394). Reinbek: Rowohlt.
- Hanon, C., Thépaut-Mathieu, C., Hausswirth, C. & Le Chevalier, J. M. (1998). Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 315-232.
- Hartung, J. (1987). *Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik* (6., durchges. u. erg. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Heldt, U. (2001). *Tipps für Zirkeltraining*. Aachen: Meyer & Meyer.

- Hoffmann, J. (2001). Das ideomotorische Prinzip, ABC, Closed Loops und Schemata. In J. R. Nitsch & H. Allmer (Hrsg.), *Denken, Sprechen, Bewegen* (S. 69-75). Köln: bps.
- Hohmann, A. (1999). Feldforschung in der Trainingswissenschaft. In A. Hohmann, E. Wichmann & K. Carl (Hrsg.), *Feldforschung in der Trainingswissenschaft* (S. 13-35). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2002). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiebelsheim: Limpert.
- Höllge, J., Kunkel, M., Ziemann, U., Tergau, F., Geese, R. & Reimers, C. D. (1997). Central fatigue in sports and daily exercises. A magnetic stimulation study. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 614-617.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (1990). *Sportmedizin: Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. (3., durchges. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.
- Hossner, E.-J. & Künzell, S. (2003). Motorisches Lernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 131-153). Schorndorf: Hofmann.
- Housh, T. J., deVries, H. A., Johnson, G. O., Evans, S. A., Housh, D. J., Stout, J. R., Bradway, R. M. & Evetovich, T. K. (1996). Neuromuscular fatigue thresholds of the vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 36(4), 247-255.
- Karlsson, J. (1971). Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiologica Scandinavica, Suppl.* 258, 1-72.
- Kernell, D. (1995). Neuromuscular frequency-coding and fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 135-145.
- Kernodle, M. W. & Carlton, L. G. (1992). Information Feedback and the Learning of Multiple-Degree-of-Freedom Activities. *Journal of Motor Behavior*, 24(2), 187-196.
- Klee, A. (2002). *Circuit-Training*. Schorndorf: Hofmann.
- Klein, G. D. & Weber, R. (1987). Auswirkungen verschiedener konditioneller Belastungen auf Technik und Taktik. *Handballtraining*, 9(7), 10-19.
- Klippel, S., Olivier, N. & Augste, C. (1999). Mechanical properties of Thera-Band® resistive exercisers. In D. Parganin & J. Loizeau (Eds.), *Oasis 1999 – Sciences de l'ingénieur au service du sport* (pp. 101-106). Joinville-le-Pont: Oasis.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Krug, J. (1996). Techniktraining - eine aktuelle Standortbestimmung. *Leistungssport*, 26(3), 6-11.
- Krüger, H. (1989). Zum Problem der Trainingsbelastung aus der Sicht des motorischen Lernens. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 5(32), 209-212.
- Kruppa, P. (2004). *Entwicklung eines Zielwurftests im Basketball*. Unveröff. Examensarbeit. Universität Augsburg.

- Lames, M. (1992). Synergetik als Konzept in der Sportmotorik. *Sportpsychologie*, 6(3), 12-18.
- Lames, M. (1999). Evaluationsforschung in der Trainingswissenschaft. In A. Hohmann, E. Wichmann & K. Carl (Hrsg.), *Feldforschung in der Trainingswissenschaft* (S. 49-64). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Lames, M., Hohmann, A. & Letzelter, M. (2003). Trainingswissenschaft und Trainingslehre - Popper und die Russen. *Leistungssport*, 33(1), 5-10.
- Landin, D. & Hebert, E. P. (1997). A Comparison of Three Practice Schedules Along the Contextual Interference Continuum. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(4), 357-361.
- Lehnertz, K. (1990). Molekulare Grundlagen der Informationsverarbeitung im Nervensystem. *Leistungssport*, 20(2), 27-33.
- Lehnertz, K. (1991). Techniktraining. In H. Rieder & K. Lehnertz (Hrsg.), *Bewegungslernen und Techniktraining* (S. 105-192). Schorndorf: Hofmann.
- Letzelter, M. (1994). *Trainingsgrundlagen*. Reinbek: Rowohlt.
- Löscher, W. N., Cresswell, A. G. & Thorstensson, A. (1996). Central fatigue during a long-lasting submaximal contraction of the triceps surae. *Experimental Brain Research*, 108(2), 305-314.
- Ludwig-Mayerhofer, W. (1999, 30. Dezember). *Internet-Lexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung - Cronbachs Alpha*. Zugriff am 24.02.2006 unter http://www.lrz-muenchen.de/~wlm/ilm_c4.htm
- Ludwig, E. (2000, 5. Mai). *Evolutionärer und revolutionärer Wandel*. Zugriff am 02.02.2006 unter http://www.phil.uni-erlangen.de/economics/bwl/lehrbuch/hst_kap3/revoe-vol/revoevol.htm
- Magill, R. A. (1998a). Knowledge is more than we can talk about: implicit learning in motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2), 104-110.
- Magill, R. A. (1998b). *Motor Learning: Concepts and Applications*. Boston: McGraw-Hill.
- Marées, H. d. (1989). *Sportphysiologie* (6., vollst. überarb. Aufl.). Reinbek: Rowohlt.
- Markworth, P. (1993). *Sportmedizin*. Reinbek: Rowohlt.
- Marschall, F. & Daus, R. (2003). Feedback. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 281-294). Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D. & Lehnertz, K. (1989). Probleme des Techniktrainings im Sport. *Leistungssport*, 19(1), 9-13.
- Martin, D., Nicolaus, J., Ostrowski, C. & Rost, K. (1999). *Handbuch Kinder- und Jugendtraining*. Schorndorf: Hofmann.

- Mörike, K. D., Betz, E. & Mergenthaler, W. (1989). *Biologie des Menschen*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Mücke, S., Liesen, H. & Hollmann, W. (1987). Über den Einfluß einer akuten metabolischen Azidose auf sportartspezifische Technikübungen im Fußball. In H. Rieckert (Hrsg.), *Sportmedizin-Kursbestimmung* (S. 605-609). Berlin: Springer.
- Müller, H. (1995). *Kognition und motorisches Lernen. Zur anteilmäßigen Bedeutung kognitiv-konzeptbildender und motorisch-adaptiver Teilprozesse in frühen und in spät(er)en Abschnitten sportmotorischen Modellernens*. Bonn: Holos.
- Munzert, J. (1989). *Flexibilität des Handelns. Theoretische Überlegungen und experimentelle Untersuchungen zum Konzept des Motorikschemas*. Köln: bps.
- Neumaier, A. (1983). *Sportmotorische Tests in Unterricht und Training. Grundlagen der Entwicklung, Auswahl und Anwendung motorischer Testverfahren im Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Neumaier, A. (1997). Trainingswissenschaftlicher Ansatz zum Techniktraining. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, J. Mester & H. d. Marées (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz*. (S. 173-225). Schorndorf: Hofmann.
- Neumaier, A. (1999). *Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining*. Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Neumaier, A. & Krug, J. (2003). Techniktraining. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 443-460). Schorndorf: Hofmann.
- Nevill, A., Holder, R., Atkinson, G. & Copas, J. (2004). The danger of reporting spurious regression to the mean. *Journal of sports sciences*, 22(9), 800-802.
- Niedlich, D. (1996). Korbwurf. In G. Hagedorn, D. Niedlich & G. Schmidt (Hrsg.), *Das Basketball-Handbuch* (S. 151-159). Reinbek: Rowohlt.
- Nitsch, J. R. & Munzert, J. (1997). Theoretische Probleme der Bewegungsorganisation. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, J. Mester & H. d. Marées (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz*. (S. 50-71). Schorndorf: Hofmann.
- Nitsch, J. R. & Neumaier, A. (1997). Interdisziplinäres Grundverständnis von 'Training' und 'Techniktraining'. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, J. Mester & H. d. Marées (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz*. (S. 37-49). Schorndorf: Hofmann.
- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10(3), 123-145.
- Olivier, N. (1991a). Techniktraining und konditionelle Belastungen. 1. Teil. *Sportpsychologie*, 5(2), 21-26.
- Olivier, N. (1991b). Techniktraining und konditionelle Belastungen. 2. Teil. *Sportpsychologie*, 5(4), 26-30.
- Olivier, N. (1996). *Techniktraining unter konditioneller Belastung*. Schorndorf: Hofmann.

- Olivier, N., Augste, C., Keim, M. & Klippel, S. (2001). Techniktraining unter dem Einfluss hoher konditioneller Belastungen. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türk-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung. Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft* (S. 29-57). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Olivier, N. & Dillinger, M.-O. (2003). Belastung und Beanspruchung beim Bewegungslernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 331-346). Schorndorf: Hofmann.
- Pack, D. M., Cotten, D. J. & Biasiotto, J. (1974). Effect of four fatigue levels on performance and learning of a novel dynamic balance skill. *Journal of Motor Behavior*, 6(3), 191-197.
- Pavlat, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O. & Eckerson, J. M. (1995). Electromyographic responses at the neuromuscular fatigue threshold. *Journal of Sports Medicine and Physiological Fitness*, 35(1), 31-37.
- Pawlow, I. P. (1953). *Gesammelte Werke. Band 3*. Berlin: Akademie.
- Pesce, C. (2003). Vorschriftlich oder heuristisch lernen? Kognitiver und ökologischer Ansatz zum motorischen Lernen im Vergleich: Didaktische Folgerungen und integrative Ausblicke. *Leistungssport*, 33(3), 26-32.
- Pleszinger, E. & Krug, J. (2003). Trainingsmethodische Grundlagen des Techniktrainings. In J. Krug, Ch. Igel & R. Daus (Hrsg.), *Grundlagen des Techniktrainings*. Universität des Saarlandes. Saarbrücken: <http://lernen.swi.uni-saarland.de/Techniktraining>.
- Pöhlmann, R. (1986). *Motorisches Lernen. Psychomotorische Grundlagen der Handlungsregulation sowie Lernprozessgestaltung im Sport*. Berlin: Sportverlag.
- Pollmann, D. & Willimczik, K. (2001). Zum Einfluss physischer Beanspruchung auf die Ausführungsqualität sportartspezifischer Bewegungstechniken. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türk-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung. Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft* (S. 59-67). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Rieder, H. (1983). Didaktische Aspekte der Ansteuerung sportmotorischer Techniken. Zur Zusammenarbeit von Trainern und Sportwissenschaftlern. *Leistungssport*, 13(5), 21-26.
- Rietjens, G. J., Kuipers, H., Adam, J. J., Saris, W. H., Breda, E. v., Hamont, D. v. & Keizer, H. A. (2005). Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 16-26.
- Roth, K. (1990a). Ein neues "ABC" für das Techniktraining im Sport. *Sportwissenschaft*, 20(1), 9-26.
- Roth, K. (1990b). Motorisches Lernen und Übungsvariabilität - Zur praxisrelevanten Erweiterung der "variability-of-practice"-Hypothese von Schmidt. *Sportpsychologie*, 4(4), 27-30.
- Roth, K. & Raab, M. (1998). Intentionale und inzidentelle Regelbildungsprozesse im Sportspiel. In BISp (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 1997* (S. 243-247). Köln: BISp.
- Sahlin, K. (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 128 (Suppl 556), 83-91.

- Sahre, E. (1994). *Handlungskontrolle im Basketball. Zum Einfluß personaler Faktoren auf die Spielleistung*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Saltin, B. & Essen, B. (1971). Muscle glycogen, lactate, ATP, and CP in intermittent exercise. In B. Pernow & B. Saltin (Eds.), *Muscle metabolism during exercise* (pp. 419-424). New York: Plenum.
- Saß, H. (1995). Wettkampfvorbereitung durch komplexe Belastung im Zusammenhang von konditioneller und technischer Ausbildung. *Leistungssport*, 25(1), 28-31.
- Saß, H., Vietinghoff, A. & Stoll, R. (1997). Zur Verknüpfung konditioneller und technischer Inhalte im Sportspieltraining als wesentliches Element einer ganzheitlich orientierten Trainingsauffassung. *Leistungssport*, 27(3), 4-11.
- Scheele, K. (1991). Sportphysiologische Aspekte des Basketballspiels. In G. Hagedorn, D. Niedlich & G. Schmidt (Hrsg.), *Basketball-Handbuch. Theorie, Methoden, Praxis* (S. 46-54). Reinbek: Rowohlt.
- Schmidt, R. A. (1969). Performance and learning a gross motor skill under conditions of artificially-induced fatigue. *Research Quarterly*, 40(1), 185-190.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 229-261.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning*. Champaign: Human Kinetics.
- Schmidt, R. F. & Thews, G. (Hrsg.). (1997). *Physiologie des Menschen* (27., korrigiert u. akt. Aufl.). Berlin: Springer.
- Schnabel, G. (1986). Grundlagen und Methodik der sporttechnischen Ausbildung. In D. Harre (Hrsg.), *Trainingslehre* (S. 194-218). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. (1987). Motorisches Lernen im Sport. In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre – Sportmotorik* (S. 172-241). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. (1991). Beanspruchung, Belastung, Anpassung, Lernen. In N. Olivier & R. Dauts (Hrsg.), *Sportliche Bewegung und Motorik unter Belastung* (S. 126-130). Clausthal-Zellerfeld: dvs.
- Schnabel, G. (1998). Motorisches Lernen. In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre – Sportmotorik* (S. 146-205). Berlin: Sportverlag.
- Schnell, R., Hill, P. & Esser, E. (1999). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. (6., vollständig überarbeit. u. erw. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Schulich, M. (1991). *Circle-Training. Kondition und Fitness durch rationelles Üben*. Berlin: Sportverlag.
- Scholle, H.-C., Schumann, N.-P., Anders, C. & Biedermann, F. (2001). Ermüdung und koordinative Leistung. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türk-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung. Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft* (S. 17-28). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Schöllhorn, W. (1998). *Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozeß. Prozeßorientierte Strukturierung der Entwicklung eines Bewegungsablaufs mit Hilfe biomechanischer Beschreibungsgrößen*. Frankfurt am Main: Lang.

- Schöllhorn, W. (1999). Individualität - ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29(2), 5-11.
- Schönpflug, W. (1991). Von der Aktivierungstheorie zur Ressourcentheorie: Die Regulation von Aktiviertheitszuständen. In J.-P. Janssen, E. Hahn & H. Strang (Hrsg.), *Konzentration und Leistung* (S. 27-36). Göttingen: Hogrefe.
- Silbernagel, S. & Despopoulos, A. (1991). *Taschenatlas der Physiologie* (4., überarb. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Steinhöfer, D. (1983). *Zur Leistungserfassung im Basketball*. Hamburg: Czwalina.
- Steinhöfer, D. & Warobiow, H. (1996). Kraft und Krafttraining im Basketball. In G. Hagedorn, D. Niedlich & G. Schmidt (Hrsg.), *Das Basketball-Handbuch* (S. 62-67). Reinbek: Rowohlt.
- Strauzenberg, S. E., Gürtler, H., Hannemann, D. & Tittel, K. (Hrsg.). (1990). *Grundlagen der sportmedizinischen Betreuung*. Leipzig: Barth.
- Thomas, J. R., Cotton, D. J., Spieth, W. R. & Abraham, N. L. (1975). Effects of fatigue on stabilometer performance and learning of males and females. *Medicine and Science in Sports*, 7(3), 203-206.
- Thorhauer, H.-A. & Kempe, M. (1993). Sporttechnische Leitbilder im Trainingsprozess. *Sportwissenschaft*, 23(2), 158-174.
- Thorndike, E. L. (1931). *Human Learning*. New York: Century.
- Tsamourtzis, E., Salonikidis, K., Siskos, A. & Athanailidis, I. (2003). Effektivität von unterschiedlichen Korbwurfarten im Basketball in Bezug auf die Ausführungsposition. *Leistungssport*, 33(2), 39-44.
- Tschiene, P. (1989). Die neue "Theorie des Trainings" und ihre Interpretation für das Nachwuchstraining. *Leistungssport*, 19(4), 11-17.
- Tschiene, P. (1993). Transformation von Trainingseffekten oder langfristig gezielte Anpassung durch Belastung? *Leistungssport*, 26(6), 4-6.
- Vogt, U. (1996). *Basketball in Schule und Verein*. Wiesbaden: Limpert.
- Weineck, J. (1997). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (10. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (14. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Weineck, J. & Haas, H. (1999). *Optimales Basketballtraining. Das Konditionstraining des Basketballspielers*. Balingen: Spitta.
- Welch, M. (1969). Specifity of heavy work fatigue: Absence of transfer from heavy leg work to coordination tasks using the arms. *Research Quarterly*, 40, 402-406.
- Whitley, J. D. (1973). Effects of Increasing Inertial Resistance on Performance and Learning of a Training Task. *Research Quarterly*, 44(1), 1-11.

- Wiemeyer, J. (1992a). Motorische Kontrolle und motorisches Lernen im Sport. Grundlagen und Probleme der Theorie Generalisierter Motorischer Programme. 1. Teil: Motorische Kontrolle. *Sportpsychologie*, 6(1), 2-11.
- Wiemeyer, J. (1992b). Motorische Kontrolle und motorisches Lernen im Sport. Grundlagen und Probleme der Theorie Generalisierter Motorischer Programme. Teil 2: Motorisches Lernen. *Sportpsychologie*, 6(2), 5-12.
- Wiemeyer, J. (1996). Flimmerverschmelzungsfrequenz und allgemeines zentralnervöses Aktivierungsniveau. In U. Bartmus, H. Heck, J. Mester, H. Schumann & G. Tidow (Hrsg.), *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport* (S. 131-147). Köln: Sport u. Buch Strauß.
- Wiemeyer, J. (2003). Motorisches Lernen - Lehrmethoden und Übungsgestaltung. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 405-427). Schorndorf: Hofmann.
- Wiemeyer, J. & Büsch, D. (1992). Zum aktuellen Forschungs- und Diskussionsstand der FVF-Messung in der Sportwissenschaft. *Leistungssport*(4), 37-42.
- Williams, A. M. & Hodges, N. J. (2005). Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 637-650.
- Williams, J. & Singer, R. N. (1975). Muscular Fatigue and the Learning and Performance of a Motor Control Task. *Journal of Motor Behavior*, 7(4), 265-269.
- Williams, L. R., Daniell-Smith, J. H. & Gunson, L. K. (1976). Specificity of training for motor skill under physical fatigue. *Medicine and Science in Sports*, 8(3), 162-167.
- Williams, L. R., McEwen, E. A. S., Watkins, C. D., Gillespie, L. & Boyd, H. (1979). Motor Learning and performance under physical fatigue and the specificity principle. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 4, 302-308.
- Willimczik, K., Sahre, E., Pachur, S. & Wieling, M. (1991). Ausdauerbelastung und Techniktraining. In R. Daus, H. Mechling, K. Blischke & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. Band 2* (S. 32-37). Schorndorf: Hofmann.
- Windhorst, U. & Boorman, G. (1995). Overview: potential role of segmental motor circuitry in muscle fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 241-258.
- Winter, R. (1998). Die motorische Entwicklung (Ontogenese) des Menschen von der Geburt bis ins hohe Alter (Überblick). In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre – Sportmotorik* (S. 237-349). Berlin: Sportverlag.
- Wulf, G. (1993). Implizites Lernen von Regelmäßigkeiten. *Sportpsychologie*, 7(4), 11-18.
- Wulf, G. & Shea, C. H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 185-211.

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kopplung zwischen elektrochemischer Erregung und Kontraktion (elektromechanische Kopplung) (Markworth, 1993, S. 46)	14
Abb. 2: Modellhafte Anordnung der Leistungsveränderung durch unter Belastung auftretende Phänomene	22
Abb. 3: Komponenten des Techniktrainings (Neumaier, 1997, S. 175).....	27
Abb. 4: Heuristische Anordnung von Trainingszielen und Umfang in Abhängigkeit von der Niveaustufe für das Techniktraining (Hohmann et al., 2002, S. 115).....	30
Abb. 5: Differenzierung von Übungsgestaltung in Einzelübung und Übungsfolge innerhalb einer Trainingseinheit und im langfristigen Trainingsaufbau (in Anlehnung an Wiemeyer, 2003)	35
Abb. 6: Methodische Triade des Techniktrainings (Krug, 1996, S. 9).....	38
Abb. 7: Prozentuale Fehlerhäufigkeit vor und nach der Sprintbelastung bei der Technik „Wandspiel“ (nach Gerisch & Rode, 1989; Mücke et al., 1987).....	48
Abb. 8: Verlauf der Abweichung (CE) von der geforderten Sprunghöhe der Versuchsgruppe (FB90) und der Kontrollgruppe (KG90) zu den verschiedenen Messzeitpunkten (Olivier, 1996).....	53
Abb. 9: Schematische Darstellung des Drei-Faktoren-Modells zum Einfluss konditioneller Belastungen auf die Bewegungsausführung (Olivier et al., 2001)	58
Abb. 10: Hook-Shot-Technik eines Versuchsteilnehmers.....	69
Abb. 11: Die 4 Stationen des Zirkeltrainings: a) Tempodribbling, b) Brustpässe, c) Sprungwurfsimulation, d) Schulterziehen	71
Abb. 12: Verlauf der z-Werte von Herzfrequenz, Leistung im Ballhochwurf und im Freiwurf vor, direkt nach und 10 Minuten nach dem Zirkeltraining	74
Abb. 13: Bildreihe des Hook-Shots	78
Abb. 14: Modell des Punktesystems für den Zielwurftest	83
Abb. 15: Lineare Transformation der Flächenanteile	85
Abb. 16: Innere Konsistenz des Zielwurftests in Abhängigkeit von der Wurfanzahl ...	86
Abb. 17: Test-Retest-Reliabilität des Zielwurftests in Abhängigkeit der Wurfanzahl ..	87
Abb. 18: Zeitlicher Ablauf der Untersuchung	90
Abb. 19: Streudiagramm der unbelasteten Hook-Shots im Posttest. Der Ausreißer ist schwarz markiert.	96

Abb. 20: Pretest-Leistungen im unbelasteten Hook-Shot bei Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und der Ruhegruppe	99
Abb. 21: Schematischer Testablauf beim Pre- und Posttest	103
Abb. 22: Ablauf einer Trainingseinheit	104
Abb. 23: Leistungsverlauf im Zirkeltraining	105
Abb. 24: Histogramm und Normalverteilungskurve der Leistung der gesamten Stichprobe in den unbelasteten Hook-Shots im Pretest	108
Abb. 25: Wurfleistungen im Pretest.....	112
Abb. 26: Verlauf der 15 unbelasteten Freiwürfe und Hook-Shots im Pretest	113
Abb. 27: Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest....	113
Abb. 28: Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Post- und Retentiontest	115
Abb. 29: Trainingsteilnahme	117
Abb. 30: Lernverläufe vom Pre- zum Posttest im unbelasteten Hook-Shot bei Jungen und Mädchen unterschiedlicher Lernstadien	120
Abb. 31: Vergleich der Leistungsentwicklung im unbelasteten Hook-Shot zwischen den Mannschaften	121
Abb. 32: Leistungsentwicklung der Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest	122
Abb. 33: Leistungsentwicklung der Belastungsgruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest	123
Abb. 34: Lernverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest.....	127
Abb. 35: Lernverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest	129
Abb. 36: Lernverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest	132
Abb. 37: Lernverläufe von männlicher und weiblicher Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest.....	134
Abb. 38: Lernverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest	135
Abb. 39: Leistungsentwicklung von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Freiwurf vom Pre- zum Posttest	138
Abb. 40: Leistungsentwicklung von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Freiwurf vom Pre- zum Posttest	139
Abb. 41: Leistungsverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hook-Shot vom Pre- zum Post- und Retentiontest.....	142
Abb. 42: Leistungsverläufe von Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Post- und Retentiontest.....	143

Abb. 43: Leistungsverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im unbelasteten Hookshot im Pre-, Post- und Retentiontest	145
Abb. 44: Leistungsverläufe von Anfängern und Fortgeschrittenen der Belastungs- und Ruhegruppe im belasteten Hookshot im Pre-, Post- und Retentiontest .	147
Abb. 45: Leistungen von verschiedenen Stichproben von Anfängern der Belastungsgruppe im belasteten Hookshot im Pre- und Posttest.....	147
Abb. 46: Prozessmodell der Realisation einer motorischen Aufgabe.....	157

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Systematik der Ziele und Inhalte im Techniktraining (nach Hohmann et al., 2002).....	29
Tab. 2:	Beispiele für Lerntheorien, geordnet nach akzentuierter Relation für die Verhaltensklärung sowie nach angenommenen Kontrollmechanismen (Hossner & Künzell, 2003, S. 134)	31
Tab. 3:	Ansätze zur Methodik motorischen Lernens (Pesce, 2003, S. 29)	33
Tab. 4:	Auswirkung verschiedener Variablen auf die Ausführungsleistung.....	51
Tab. 5:	Auswirkung konditioneller Belastungen auf die Lernleistung und auf Transferaufgaben.....	56
Tab. 6:	Statistische Ergebnisse der Voruntersuchung	73
Tab. 7:	Trainingsprogramm für die 12 Trainingseinheiten der Hook-Shot-Technik ..	77
Tab. 8:	Punktbewertung der Wurfergebnisse von D-Jugend-Spielern.....	85
Tab. 9:	Untersuchungsdesign	91
Tab. 10:	Trainings- und Testteilnahme der einzelnen Mannschaften	93
Tab. 11:	Vergleich der Leistungen im Pretest von Spielern, die am Posttest teilnahmen, mit den Dropouts	95
Tab. 12:	Anzahl der gültigen Werte der abhängigen Variablen zu den drei Messzeitpunkten.....	97
Tab. 13:	Vergleich der Wurfleistungen der Treatmentgruppen im Pretest	98
Tab. 14:	Statistische Kennwerte beim unbelasteten Hook-Shot im Pretest	98
Tab. 15:	Untersuchungszeiträume der einzelnen Mannschaften.....	102
Tab. 16:	Signifikanz im Kolmogoroff-Smirnoff-Test auf Normalverteilung	109
Tab. 17:	Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest, vom Pre- zum Retentiontest und vom Post- zum Retentiontest.....	114
Tab. 18:	Korrelation der Differenz von Pretest- und Posttest-Leistung mit der Summe von Pretest- und Posttest-Leistung.....	117
Tab. 19:	Einfluss der Faktoren Anzahl an Trainingseinheiten und Altersklasse auf die Leistungsentwicklung der abhängigen Variablen vom Pre- zum Posttest	118
Tab. 20:	Vergleich der Wurfleistungen von Jungen und Mädchen im Pretest.....	119
Tab. 21:	Lerngruppeneinteilung nach Geschlecht.....	119
Tab. 22:	Vergleich der Lernverläufe von Jungen und Mädchen („Geschlecht“) vom Pre- zum Posttest („Zeit“) allgemein und in Abhängigkeit von Lernstadium und Treatment	120
Tab. 23:	Varianztafel zum multivariaten Test für den Pre- und Posttest	124

Tab. 24: Testergebnisse im unbelasteten Hook-Shot	131
Tab. 25: Leistungsentwicklung im belasteten Hook-Shot vom Pre- zum Posttest von Jungen und Mädchen der Belastungs- und der Ruhegruppe	134
Tab. 26: Testergebnisse im belasteten Hook-Shot	137
Tab. 27: Testergebnisse im unbelasteten und belasteten Freiwurf	140
Tab. 28: Ergebnisse der Varianzanalysen mit dem Faktor Treatment und dem Messwiederholungsfaktor Zeit im HU mit der Retentiontest-Stichprobe	146
Tab. 29: Testergebnisse aller Würfe im Retentiontest	149
Tab. 30: Testergebnisse aller Würfe zu allen Messzeitpunkten	150